This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

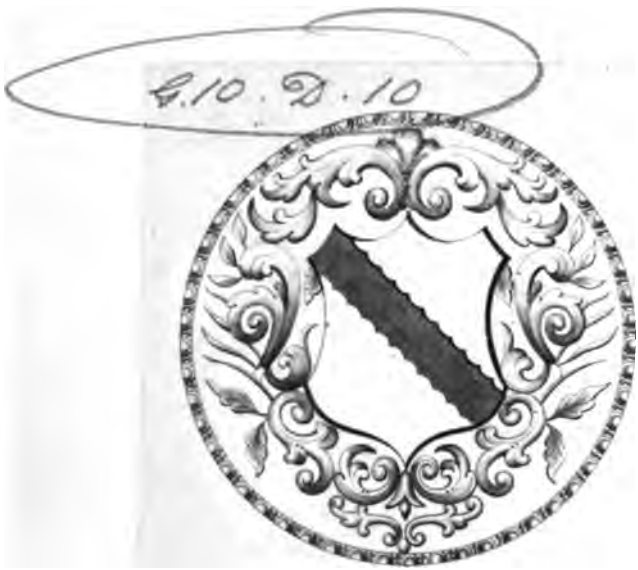
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

600044648X



E. BIBL. RADCL.

1952 e 2/21

Physikalisches Wörterbuch

X. Band.

Zweite Abtheilung.

Waf —— Win.

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

Zehnter Band.

Zweite Abtheilung.

Waf —— Win..

Mit Kupfertafeln X bis XXXIV.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1842.

Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Ars conjectandi, Calculus probabilitatis; Calcul des probabilités; *Probability Calculus, Doctrine of Chances.*

Die wichtigsten Fragen, die unsere wissenschaftlichen und geselligen Verhältnisse betreffen, lassen sich beinahe alle auf Probleme der Wahrscheinlichkeit zurückführen. In der That sind bei weitem die meisten menschlichen Erkenntnisse nur Wahrscheinlichkeiten, und selbst in denjenigen, die uns Gewifsheit gewähren, in den mathematischen Wissenschaften, sind die vorzüglichsten Mittel, zu dieser sogenannten Gewifsheit zu gelangen, *Analogie* und *Induction*, die sich beide wieder nur auf Wahrscheinlichkeit gründen.

Alle Ereignisse, selbst diejenigen, die durch ihre Geringfügigkeit oder durch ihre scheinbare Unordnung uns ganz zufällig und von den grofsen Gesetzen der Natur völlig unabhängig erscheinen, sind doch ohne Zweifel eine ebenso nothwendige Folge derselben ewigen Gesetze, als es die Bewegung der Sonne und aller Körper des Himmels nur immer seyn kann, und nur unsere Unkenntnifs des Zusammenhangs dieser Erscheinungen mit jenen Gesetzen des Weltalls verleitet uns, sie der Wirkung des Ungefährs, des blinden Zufalls zuzuschreiben. Wie sich allmälig unsere Kenntnisse der Natur erweitern, zieht sich in demselben Mafse das Reich des Zufalls in immer engere Grenzen zusammen. Die Erscheinung einer Finsternifs war sonst Gegenstand des allgemeinen Schreckens, die der Kometen ist es bei Vielen im Volke noch jetzt, während der Astronom beide Phänomene nur als den Gegenstand seiner ruhigen Rechnung betrachtet. Die krummen Linien aber, welche die kleinsten Staubkörnchen in unserer Luft beschreiben, so wie überhaupt alle Bewegungen und Erscheinungen in und auf und

über der Erde sind ohne Zweifel ebenso geordnet und ebenso
stimmten und unveränderlichen Gesetzen unterworfen, als die B
nen, welche von jenen grofsen Körpern des Himmels im Weltrau
beschrieben werden. Der Unterschied, welcher zwischen bei
für uns noch statt hat, liegt nicht in ihnen, sondern ein
nur in uns selbst, in unserer Beschränktheit, in unserer U
kenntnifs der Dinge und ihres Zusammenhangs.

In allen den zahlreichen Verhältnissen also, wo uns *Wa*
heit, oder was wir so nennen, versagt ist, müssen wir
mit *Wahrscheinlichkeit* begnügen. Man hat es versucht, di
Wahrscheinlichkeit zum Gegenstande der Berechnung zu
chen. Pascal, Fermat und Huyghens in der Mitte
siebzehnten Jahrhunderts haben die ersten Gründe zu di
neuen Wissenschaft gelegt, die erst in unsern Tagen von L
place, Poisson und Gauss ihre letzte Ausbildung erhielt.

Um zuerst einen bestimmten Begriff des im gemeinen
ben sehr vieldeutigen Wortes *Wahrscheinlichkeit* aufzustel
so werden wir damit das Verhältnifs der Anzahl der einem
wissen Ereignisse günstigen Fälle zu der Anzahl aller möglic
Fälle, die hier eintreten können, bezeichnen. So ist z. B.
Wahrscheinlichkeit, mit einem gewöhnlichen sechsseitigen W
fel eine bestimmte Anzahl von Augen auf einen Wurf zu wer
gleich $\frac{1}{6}$, da die Anzahl der diesem Ereignisse günstigen F
gleich 1, die Anzahl aller möglichen Fälle aber gleich 6
Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses
also in der Form eines Bruches dargestellt werden, dessen Z
ler die Summe aller günstigen und dessen Nenner die Sur
aller möglichen Fälle enthält. Dieser Bruch wird sich der
heit desto mehr nähern, je gröfser die Anzahl der günst
Fälle gegen die Anzahl aller möglichen Fälle ist, und nur d
wenn unter allen möglichen Fällen gar kein ungünstiger
d. h. wenn alle Fälle günstig sind, wird dieser Bruch zur *G*
heit und die Wahrscheinlichkeit zur *Gewifsheit* werden,
dafs also die Einheit gleichsam das Symbol der Gewifsheit
welcher sich die blofse Wahrscheinlichkeit desto mehr nä
je gröfser die Anzahl der günstigen Fälle zu der Anzahl
möglichen Fälle ist.

Bei dieser Erklärung des Wortes *Wahrscheinlic*
drängt sich aber sogleich eine hohe wichtige Bemerkung
Es giebt Ereignisse, für welche sich die Anzahl der günst

sowohl, als die der möglichen Fälle überhaupt genau voraus-bestimmen und angeben läfst. Das vorige Beispiel gehört offenbar hierher. Die Berechnungen dieser Wahrscheinlichkeiten bilden die sogenannte *Wahrscheinlichkeitsrechnung* im engeren Sinne des Wortes, und von ihr werden wir in der ersten Abtheilung dieses Artikels reden. Ist aber die Anzahl der günstigen Fälle oder der möglichen oder beider nicht genau gegeben, sondern kennt man nur überhaupt die Grenzen, zwischen welche die günstigen sowohl, als auch die möglichen Fälle fallen, und mufs man, statt jener sichern und bestimmten Regeln, auf mehrmals wiederholte Erfahrungen, Experimente und Beobachtungen Rücksicht nehmen, so entsteht eine ganz andere Betrachtung des Gegenstandes, die unter der Benennung der *Methode der kleinsten Quadrate* bekannt ist und die der Gegenstand der zweiten Abtheilung dieses Artikels seyn soll. Dieses zweite Verfahren ist es, das vorzüglich den Astronomen, den Physiker und überhaupt alle diejenigen in hohem Grade angeht, die sich mit den Erscheinungen der Natur beschäftigen, um aus denselben durch ihre Beobachtungen die Gesetze dieser Erscheinungen abzuleiten. Wenn man z: B. gefunden hätte, dafs die Ausdehnung des Volumens eines Körpers durch eine bestimmte Erhöhung seiner Temperatur in mehrern auf einander folgenden Beobachtungen einmal 5, dann 8, dann 6 u. s. w. Hundertheile dieses Volumens betrug, so entsteht die Frage, welche von diesen aus 3 oder 4 oder mehr Beobachtungen erhaltenen Zahlen die wahrscheinlichste sey, und selbst welchen Grad der Wahrscheinlichkeit diese Zahl gegen die andern habe, oder auch, wie weit man diese Beobachtungen fortsetzen müsse, um aus ihnen ein Resultat zu erhalten, das einen gegebenen Grad der Wahrscheinlichkeit besitzt u. s. w. Fragen dieser Art erfordern aber eigene Untersuchungen, die, wie gesagt, der Gegenstand der zweiten Abtheilung seyn werden.

A. Wahrscheinlichkeitsrechnung im engeren Sinne.

Auch wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Anzahl der günstigen sowohl, als die aller möglichen Fälle für irgend ein Ereignifs ganz genau bekannt ist, läfst sich doch die Wahrscheinlichkeit irgend eines dieser Fälle unter verschiedenen Ge-

sichtspuncten betrachten, daher wir auch mehrere Arten v Wahrscheinlichkeit unterscheiden.

I. Absolute Wahrscheinlichkeit.

Unter der Benennung der *absoluten Wahrscheinlichk* wollen wir, wie oben im Allgemeinen gesagt ist, das Verhäl nifs der Anzahl der günstigen Fälle zu der Anzahl aller mö lichen Fälle begreifen, vorausgesetzt, dafs diese letzten a gleich möglich sind. Wenn es also unter einer Anzahl N v gleich möglichen Fällen n Fälle giebt, die irgend einem au gestellten Ereignisse günstig sind, also auch $n' = N - n$ di sem Ereignisse ungünstige, so ist nach der vorhergehend Erklärung die Wahrscheinlichkeit W, dafs ein günstiger F eintrete,

$$W = \frac{n}{N},$$

und ebenso die Wahrscheinlichkeit W', dafs ein ungünsti Fall eintrete,

$$W' = \frac{n'}{N}.$$

Die Summe dieser beiden Wahrscheinlichkeiten ist also

$$W + W' = \frac{n + n'}{N} = 1$$

oder der Einheit, das heifst, der Gewifsheit gleich, wie seyn mufs, da von allen möglichen irgend einer, ein günst ger oder ungünstiger, eintreten mufs, sobald nur das Ereign überhaupt statt hat, wie hier der Natur der Sache gemäfs v ausgesetzt wird.

Um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, wollen zwei sechsseitige Würfel A und B annehmen, von denen j Seite nach der Reihe mit 1, 2 .. bis 6 Augen bezeichnet Wenn man nun beide Würfel zugleich wirft, so sind üb haupt 36 Fälle möglich, wie die folgende Tafel zeigt.

A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1
1	2	2	2	3	2	4	2	5	2	6	2
1	3	2	3	3	3	4	3	5	3	6	3
1	4	2	4	3	4	4	4	5	4	6	4
1	5	2	5	3	5	4	5	5	5	6	5
1	6	2	6	3	6	4	6	5	6	6	6

Welches ist demnach die Wahrscheinlichkeit W, dafs man auf einen Wurf mit dem Würfel A die Zahl 2 und mit dem andern B die Zahl 5 werfen wird? Die Antwort ist

$$W=\frac{1}{36}$$

und ebenso ist die Wahrscheinlichkeit W' des entgegengesetzten Falls, dafs man nämlich nicht 2 mit A und 5 mit B werfen wird, gleich

$$W'=\frac{35}{36}.$$

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit W, dafs man überhaupt, ohne Rücksicht auf die einzelnen Würfel, mit einem Wurfe beider Würfel die Zahlen 2 und 5 werfe? Die Antwort ist

$$W=\frac{2}{36},$$

und die Wahrscheinlichkeit W' des Gegentheils, dafs man nämlich auf den ersten Wurf beider Würfel die Zahlen 2 und 5 nicht werfen wird, ist

$$W'=\frac{34}{36}.$$

Für den besondern Fall aber, dafs man mit einem Wurfe beider Würfel zwei gleiche Zahlen, z. B. 2 und 2, werfen werde, hat man

$$W=\frac{1}{36} \text{ und } W'=\frac{35}{36}.$$

Für den Fall, dafs die *Summe* der so auf einen Wurf geworfenen Zahlen gleich 7 sey, ist

$$W=\frac{6}{36}=\frac{1}{6} \text{ und } W'=\frac{30}{36}=\frac{5}{6}.$$

Für den Fall, dafs diese Summe gleich 5 sey, ist

$$W = \frac{4}{36} = \frac{1}{9} \text{ und } W' = \frac{32}{36} = \frac{8}{9}.$$

Für den Fall, dafs diese Summe gleich 4 sey, ist

$$W = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \text{ und } W' = \frac{33}{36} = \frac{11}{12} \text{ u. s. w.}$$

In allen diesen Fällen ist immer

$$W' = 1 - W \text{ oder } W + W' = 1.$$

Bezeichnet also überhaupt W die Wahrscheinlichkeit eines günstigen Falls, also auch 1 — W die eines ungünstigen, kann ich W gegen 1 — W wetten, oder, was dasselbe i

$$\frac{W}{1-W} \text{ gegen } 1$$

wetten, dafs ein für mich günstiger Fall eintreten werde. dem letzten Beispiel war $W = \frac{1}{12}$, also kann ich $\frac{W}{1-W} =$ gegen 1 wetten, dafs ich auf den ersten Wurf beider Wü *vier* Augen, als Summe (also entweder 1 und 3, oder 2 und werfen werde. Oder mit andern Worten: wenn die Wette v ständig, für beide Parteien gleich vortheilhaft seyn soll, mufs der Vertrag so gestellt werden, dafs, so oft ich auf nen Wurf mit zwei Würfeln 4 Augen treffe, mein Ge mir 11 Gulden gebe, während ich ihm, so oft ich nic Augen treffe, nur 1 Gulden zahle.

Damit sind aber noch zwei wesentliche Bemerkunge verbinden. Wenn nämlich der so eben erwähnte Vertrag s schen beiden Parteien eingegangen wird, so sollte Glück Unglück, Gewinn und Verlust auf beiden Seiten gleich vert seyn. Wenn ich also z. B. 24 solche Doppelwürfe gemacht h so sollen, jener Rechnung zufolge, unter diesen 24 Wü nur 2 seyn, wo ich 4 Augen traf, und im Gegentheil Würfe, wo ich weniger oder mehr als 4 Augen warf. jene zwei mir günstigen Fälle erhalte ich von meinem Ge 2mal 11 oder 22 Gulden, während ich ihm für die 22 ungünstigen Fälle 22 Gulden geben mufs, so dafs also, Ende dieses Spiels, keiner von beiden etwas gewonnen verloren hat. Allein dieses wird bei diesen ersten 24 Wü wohl nicht ganz so seyn, sondern es wird sich hier noch gewisse Ungleichheit in dem Gewinne oder Verluste der b

Spielenden zeigen. Diese Ungleichheit wird aber immer kleiner werden, je weiter man das Spiel fortsetzt. Wenn z. B. bei den ersten 24 Würfen der Unterschied des Gewinns beider Personen noch 5 Gulden beträgt, so wird er bei 50 Würfen nur noch 4, bei 100 Würfen 3, bei 200 Würfen nur noch 2 Gulden betragen u. s. w., so dafs also die Resultate jener Rechnungen nicht für einzelne Fälle, auch nicht für einige wenige solcher Fälle genau geltend angenommen werden sollen, sondern nur für eine sehr grofse Reihe von Fällen, und zwar so, dafs diese Resultate immer desto sicherer, der Wahrheit desto näher seyn werden, je gröfser die Anzahl dieser Fälle ist.

Auf diese Weise sind alle Resultate der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu verstehen, welcher Art auch die Fälle seyn mögen, auf die sie sich beziehn. So folgt z. B. aus den bekannten Mortalitätslisten von Baumann, dafs von den in demselben Jahre gebornen Menschen nach den ersten 18 Jahren nur ungefähr die Hälfte lebe, die andere also schon gestorben sey. Damit soll aber keineswegs gesagt seyn, dafs von je zwei in demselben Jahre Gebornen nach 18 Jahren nur noch einer, auch nicht, dafs von je 100 zugleich Gebornen nach 18 Jahren gerade nur 50 am Leben seyn werden. Der Unterschied in dem letzten Falle wird vielleicht noch zehn und mehr Personen betragen. Aber bei 1000 zugleich Gebornen wird dieser Unterschied zwischen den nach 18 Jahren Lebenden Gestorbenen schon beträchtlich kleiner seyn, als zuvor, und bei 10000 solcher Personen wird er noch viel kleiner seyn, und bei einer Million in demselben Jahre geborner Menschen wird er vielleicht schon ganz verschwunden seyn, so dafs man, wenn man mehrere auf einander folgende Jahre hindurch die Geburts- und Sterbelisten eines grofsen, reichbevölkerten Landes betrachtet, nach je 18 Jahren beinahe immer genau die Hälfte der vor dieser Epoche gebornen Menschen unter den bereits verstorbenen finden wird.

Vorausgesetzt, und dieses ist die zweite der oben angeführten wesentlichen und allgemeinen Bemerkungen, vorausgesetzt also, dafs sich, um bei unserm letztern Beispiele stehen zu bleiben, in dieser Reihe von Jahren die auf die Geburt und den Tod Einfluſs habenden Verhältnisse jenes Landes im Allgemeinen nicht geändert haben. Wenn aber in dem einen oder

dem andern dieser Jahre Kriege oder verheerende Seuchen üb das Land gekommen sind, oder wenn aus andern Ursachen d Lebensweise, die Moralität, die Gesetzgebung des Volkes, a eine günstige oder ungünstige Weise, sich geändert haben, dan werden mit den veränderten Ursachen auch andere Wirkunge eintreten, und diese Wirkungen werden sich auch in de Geburts- und Sterbelisten entweder vorübergehend, wenn jen Aenderungen selbst wieder aufhören, oder auch bleibend äu ſsern, wenn jene Ursachen selbst eine längere Zeit unverände bestehen.

Diese beiden Bemerkungen erstrecken sich auf Alles, wa in diesem Artikel noch gesagt werden wird, und sie sind da her nie aufser Acht zu lassen.

Aus der vorhergehenden Tafel sieht man noch, dafs d Wahrscheinlichkeit W, mit zwei Würfeln einen sogenannte Pasch (zwei gleiche Zahlen) zu werfen, $= \frac{6}{36} = \frac{1}{6}$ ist, fü einen bestimmten Pasch (für zwei gleiche, gegebene Zahle z. B. 3, 3 oder 4, 4 u. s. w.) aber ist $W = \frac{1}{36}$, also sechs mal kleiner, als zuvor. Ueberhaupt zeigt diese Tafel, dafs vo den 36 möglichen Fällen

nur 1 Fall den Wurf von 2
2 Fälle 3
3 4
4 5
5 6
6 7
5 8
4 9
3 10
2 11
1 Fall 12

Augen geben dafs also unter allen Würfen der wahrscheinlichst der von 7 Augen, der unwahrscheinlichste aber der von 2 od auch von 12 Augen ist.

II. Relative Wahrscheinlichkeit.

Die bisher betrachtete absolute Wahrscheinlichkeit bezieh sich auf alle möglichen Fälle einer bestimmten Art. Die re

lative Wahrscheinlichkeit aber tritt dann ein, wenn von allen möglichen Fällen durch die Natur der Aufgabe einige ausgeschlossen werden.

Ist $N = n + n'$ die Anzahl aller möglichen Fälle, und giebt es unter ihnen n Fälle einer und n' Fälle anderer Art, so ist die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs ein Fall der ersten Art eintreten werde, nach dem Vorhergehenden $W = \frac{n}{n+n'}$, und ebenso ist die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs ein Fall der zweiten Art eintreten werde, $= \frac{n'}{n+n'}$, und daraus folgt, dafs die relative Wahrscheinlichkeit für die Fälle der ersten Art

$$\frac{n}{n+n'} = \frac{W}{W+W'}$$

und für die Fälle der zweiten Art

$$\frac{n'}{n+n'} = \frac{W'}{W+W'}$$

seyn mufs. Die *relative Wahrscheinlichkeit* eines Falls ist also gleich der *absoluten Wahrscheinlichkeit* desselben Falles, dividirt durch die Summe der absoluten Wahrscheinlichkeiten.

Um auch dieses durch ein Beispiel deutlich zu machen, wollen wir zwei Personen annehmen, die mit zwei Würfeln unter der folgenden Bedingung spielen. Der erste soll gewinnen, wenn er, alle übrigen Fälle unbeachtet, mit einem Wurfe 7, und der andere, wenn er mit einem Wurfe 4 Augen wirft. Dieses vorausgesetzt ist die absolute Wahscheinlichkeit, dafs der erste gewinne, $W = \frac{6}{36}$, und ebenso ist die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs der zweite gewinne, $W' = \frac{3}{36}$. Daraus folgt daher die relative Wahrscheinlichkeit, dafs der erste gewinne,

$$\frac{W}{W+W'} = \frac{6}{9}$$

und die, dafs der zweite gewinne,

$$\frac{W'}{W+W'} = \frac{3}{9},$$

so dafs sich also die relative Wahrscheinlichkeit des ersten zu der des zweiten verhält wie 6 zu 3 oder wie 2 zu 1.

Eine Urne enthalte a weifse, a′ rothe, a″ blaue, a‴ gr Kugeln u. s. w., und es sey der Kürze wegen a + a′ + a″ + ... = Die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs man auf den ersten Z eine weifse Kugel ergreifen werde, ist (nach I.) gleich $\frac{a}{A}$; eb so hat man für eine rothe Kugel $\frac{a'}{A}$, für eine blaue $\frac{a''}{A}$ u. s Aber die relative Wahrscheinlichkeit, dafs man eher eine wei als eine rothe ziehen werde, ist gleich

$$\frac{\frac{a}{A}}{\frac{a}{A}+\frac{a'}{A}} = \frac{a}{a+a'},$$

also ist auch die relative Wahrscheinlichkeit, dafs man eine rothe, als eine weifse ziehen werde, gleich

$$\frac{\frac{a'}{A}}{\frac{a}{A}+\frac{a'}{A}} = \frac{a'}{a+a'},$$

und die Summe dieser beiden relativen Wahrscheinlichkeiten wieder gleich der Einheit.

III. Zusammengesetzte Wahrscheinlichkeite

Die bisher betrachteten zwei Gattungen von Wahrsch lichkeiten beziehen sich alle nur auf einzelne Fälle, und können daher *einfache* Wahrscheinlichkeiten genannt wer während alle nun folgenden, die mehrere dieser Fälle umfas *zusammengesetzte Wahrscheinlichkeiten* heifsen. Sind n lich überhaupt N Fälle möglich, und sind davon n Fälle einen, n′ für einen andern, n″ Fälle für einen dritten günstig u. s. w., nennen wir ferner

$$W = \frac{n}{N};\ W' = \frac{n'}{N};\ W'' = \frac{n''}{N} \ \ldots$$

die absoluten Wahrscheinlichkeiten dieser verschiedenen tungen von Fällen, so ist die Wahrscheinlichkeit, dafs von beiden ersten Gattungen ein günstiger Fall eintreffe, g $W + W'$; dafs von den drei ersten Gattungen ein güns Fall eintrete, gleich $W + W' + W''$ u. s. w., das heifs

so: die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens irgend eines der gegebenen Ereignisse ist gleich der Summe der absoluten Wahrscheinlichkeiten dieser Ereignisse. Folgendes Beispiel wird dieses erläutern.

Die absolute Wahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln die Zahl sieben zu werfen, war $W = \frac{6}{36}$, und ebenso ist die Wahrscheinlichkeit für die Zahl 8 gleich $W' = \frac{5}{36}$ und für die Zahl 9 ist sie $W'' = \frac{4}{36}$. Also ist auch die Wahrscheinlichkeit, mit einem Wurfe der zwei Würfel entweder 7 oder 8 zu werfen, gleich

$$W + W' = \frac{6}{36} + \frac{5}{36} = \frac{11}{36}$$

und ebenso ist die Wahrscheinlichkeit für die Zahl 8 oder 9 gleich

$$W' + W'' = \frac{5}{36} + \frac{4}{36} = \frac{9}{36}$$

und für die Zahl 7 oder 9

$$W + W'' = \frac{6}{36} + \frac{4}{36} = \frac{10}{36}.$$

Die Wahrscheinlichkeit aber, mit einem Wurfe der zwei Würfel die Zahl 7, 8 oder 9 zu werfen, ist

$$W + W' + W'' = \frac{6+5+4}{36} = \frac{15}{36}.$$

Ebenso findet man die Wahrscheinlichkeit, mit einem Wurfe die Zahlen 6, 7, 8 oder 9 zu werfen, gleich

$$\frac{5+6+5+4}{36} = \frac{20}{36}$$

und auf gleiche Weise ist für die Zahlen 5, 6, 7, 8 oder 9 die Wahrscheinlichkeit

$$\frac{4+5+6+5+4}{36} = \frac{24}{36} \text{ u. s. w.}$$

IV. Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens mehrerer Ereignisse.

Man habe zuerst nur zwei Gattungen von Ereignissen. Von der ersten Gattung sey N die Anzahl aller möglichen und n die Anzahl der günstigen Fälle. Für die zweite Gattung bezeichne man dieselben Gröfsen durch N' und n'. Die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs ein günstiger Fall der ersten Gattung,

abgesehen von allen Fällen der zweiten Gattung, eintre werde, ist

$$w = \frac{n}{N},$$

und ebenso hat man für die absolute Wahrscheinlichkeit, d ein günstiger Fall der zweiten Gattung eintreten werde,

$$w' = \frac{n'}{N'}.$$

Man habe für ein specielles Beispiel von der ersten Gattu $N = 4$ mögliche Ereignisse, die wir durch a, b, c und d b zeichnen wollen, und unter denselben seyen nur $n = 3$ gü stige, nämlich die drei ersten a, b und c. Von der zwei Gattung aber habe man $N' = 3$ Ereignisse, a', b' und c', u unter denselben nur $n' = 2$ günstige, nämlich a' und b'. nun jeder der N möglichen Fälle der ersten Gattung mit jed der N' möglichen Falle der zweiten Gattung paarweise zusa mentreten kann, so wird es $NN' = 12$ solcher *möglichen* Pa geben. Da aber auch jeder der n günstigen Fälle der erst Gattung mit jedem der n' günstigen Fälle der zweiten Gattu paarweise zusammentreffen kann, so wird es $nn' = 6$ *günsti* Paare (unter allen jenen 12 möglichen) geben, und die Wah scheinlichkeit W, dafs ein solches günstiges Paar auch in That eintreten werde, wird seyn

$$W = \frac{n}{N} \cdot \frac{n'}{N'} \text{ oder } W = w.w'.$$

Man sieht also, dafs die Wahrscheinlichkeit des Zusamme treffens zweier solcher Ereignisse gleich ww' oder gleich d Producte der absoluten Wahrscheinlichkeiten dieser einzeln Ereignisse ist. Kommt noch ein drittes Ereignifs hinzu, welches N'' die Zahl der möglichen, n'' die der günstigen Fäl und daher $w'' = \frac{n''}{N''}$ die absolute Wahrscheinlichkeit des Ei tretens eines dieser günstigen Fälle ist, so kann man das Z sammentreffen der beiden ersten Ereignisse als ein einzeln Ereignifs, dessen Wahrscheinlichkeit ww' ist, betrachten, u dann wird die Wahrscheinlichkeit W, dafs die drei der einzeln günstigen Ereignisse zusammentreffen oder zu gleicher Zeit si ereignen, durch die Gleichung

$$W = \frac{n}{N} \cdot \frac{n'}{N'} \cdot \frac{n''}{N''} \ldots \text{(A)} \ldots \text{oder } W = w.w'.w''$$

ausgedrückt, und so fort für mehrere Gattungen von verschiedenen Ereignissen.

Ist bei den verschiedenen Gattungen dieser Ereignisse die Anzahl der möglichen Fälle immer dieselbe und gleich N, und sind wieder $\frac{n}{N}$; $\frac{n'}{N}$; $\frac{n''}{N}$ .. die absoluten Wahrscheinlichkeiten des Eintreffens eines Ereignisses der ersten, zweiten, dritten ... Gattung, so hat man für das Zusammentreffen dieser Ereignisse die Wahrscheinlichkeit

$$W = \frac{n \,.\, n' \,.\, n'' \,.\, n''' \ldots}{N \,.\, N \,.\, N \,.\, N \ldots} \ldots \quad (B)$$

welcher Ausdruck z. B. seine Anwendung findet, wenn eine und dieselbe Handlung mehrere Male wiederholt wird. Ist bei den verschiedenen Gattungen von Ereignissen nicht nur die Anzahl N der möglichen Fälle, sondern auch noch die Anzahl n der günstigen Fälle jeder Gattung bei allen Gattungen gleich grofs, so wird man in der Gleichung (A) nicht nur alle N, sondern auch alle n unter sich gleich annehmen und sonach für die Wahrscheinlichkeit W, dafs ein Ereignifs, dessen absolute Wahrscheinlichkeit $w = \frac{n}{N}$ ist, m mal nach einander eintrete, den Ausdruck haben

$$W = \left(\frac{n}{N}\right)^m \ldots \quad (C) \text{ oder } W = w^m.$$

Um auch diese allgemeinen Ausdrücke auf einige specielle Beispiele anzuwenden, so ist, nach dem Vorhergehenden, die absolute Wahrscheinlichkeit, mit einem Würfel die Zahl 1 zu werfen, gleich $\frac{1}{6}$. Also ist auch die Wahrscheinlichkeit, mit einem Würfel zweimal nach einander die Zahl 1 zu werfen, nach der Gleichung (C)

$$W = \frac{1}{6^2} = \frac{1}{36},$$

und die Wahrscheinlichkeit, zehnmal nach einander die Zahl 1 zu werfen, wird seyn

$$W = \frac{1}{6^{10}} = \frac{1}{60466176}.$$

So gering ist also die Wahrscheinlichkeit, dafs dieser günstige Fall eintreten werde. Die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils, dafs er nämlich nicht eintrete, ist aber

$$1-W=\frac{60466175}{60466176},$$

also ungemein nahe an der Einheit, d. h. an der Gewifsl so dafs also mein Gegner über 60 Millionen gegen 1 we kann, dafs der für mich günstige Fall nicht eintreten werd

Ebenso ist die absolute Wahrscheinlichkeit, mit zwei W feln auf einen Wurf die Zahlen 1 und 1 zu werfen, gl $\frac{1}{36}$, also ist auch die Wahrscheinlichkeit, mit ihnen zwei nach einander die Zahlen 1 und 1 zu werfen, nach der G chung (C)

$$W=\frac{1}{36^2}=\frac{1}{1296}.$$

Die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs die Summe der auf nen Wurf beider Würfel fallenden Zahlen 5 sey, war gleich $\frac{4}{36}=\frac{1}{9}$ gefunden worden. Also ist auch die W scheinlichkeit, dafs dieser Fall sich nach der Ordnung ze mal wiederhole, nach der Gleichung (C)

$$W=\frac{1}{9^{10}}=\frac{1}{3486785401}.$$

Ist also von irgend einem Ereignisse die absolute W scheinlichkeit gleich w, so ist die Wahrscheinlichkeit, dafs di Ereignifs n mal nach einander und ununterbrochen eintr werde, gleich $W=w^n$. Da nun w immer nur ein eige cher Bruch oder kleiner als die Einheit ist, so mufs auch desto kleiner werden, je gröfser n ist. Es sey z. B. ein eignifs durch zwanzigmaliges Wiedererzählen verschiedener sonen bekannt geworden, so dafs die erste Person die S einer zweiten, diese wieder einer dritten erzählte und so Wenn nun auch die Wahrscheinlichkeit, dafs jede d Personen die Sache ganz getreu und völlig so erzählt, wi dieselbe von der vorhergehenden Person gehört hat, g $w=\frac{9}{10}=0.9$, also sehr grofs wäre, so würde doch Wahrscheinlichkeit W der auf eine solche Weise übertrag Nachricht nur gleich

$$W=(0.9)^{20}=0{,}1216$$

seyn, d. h., man könnte nur nahe 1 gegen 8 wetten, daf durch eine solche 20fache Tradition erhaltene Erzählung der Wahrheit vollkommen gemäfs sey. Wäre dieselbe N

nicht durch 100 Personen gegangen, so würde ihre Wahrscheinlichkeit

$$W = (0.9)^{100} = 0{,}00002656$$

seyn, oder man würde

$$\frac{W}{1-W} = 0{,}00002656 \text{ gegen } 1$$

oder, was dasselbe ist, man könnte nur

1 gegen 37646

wetten, dafs die so überlieferte Erzählung noch der Wahrheit gemäfs sey. Unsere Geschichtschreiber pflegen diesen Umstand nicht zu beachten, wenn sie von Begebenheiten sprechen, die um viele Generationen hinter der Gegenwart liegen. Gewifs würden sehr viele von ihren historischen Ereignissen, die allgemein als ganz ausgemacht gelten, wenigstens sehr zweifelhaft erscheinen, wenn sie einer solchen Prüfung unterworfen würden.

Die absolute Wahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln auf einen Wurf die Summe 8 zu werfen, war $\frac{5}{36}$, und die, dafs 9 geworfen werde, war $\frac{4}{36}$. Also ist auch die Wahrscheinlichkeit, dafs mit zwei Würfeln in zwei Würfen einmal 8 und einmal 9 geworfen werde, nach der Gleichung (A)

$$W = 2\frac{5}{36} \cdot \frac{4}{36} = 2\frac{5}{324} = 0{,}0154.$$

Wenn A und B jeder zwei und ein dritter Spieler C nur einen Würfel wirft, so ist die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs A zwei gleiche Zahlen werfe, gleich $\frac{1}{6}$; die aber, dafs B keine zwei gleichen Zahlen werfe, gleich $\frac{30}{36} = \frac{5}{6}$, und die endlich, dafs C die Zahl 6 werfe, gleich $\frac{1}{6}$. Also ist auch (nach der Gleichung A) die Wahrscheinlichkeit, dafs alle drei Fälle zugleich eintreten,

$$W = \frac{1}{6} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{6} = 2\frac{5}{216} = 0{,}0231.$$

Eine Urne enthalte 1 schwarze und 2 weifse Kugeln. Eine zweite Urne enthalte 1 schwarze und 4 weifse Kugeln. Welches ist die Wahrscheinlichkeit, dafs man auf den ersten Zug aus einer dieser Urnen eine weifse Kugel ziehen werde? Die absolute Wahrscheinlichkeit, dafs man die Hand an die erste Urne werde, ist $\frac{1}{2}$, und die, dafs dann eine weifse Kugel gezogen werde, ist $\frac{2}{3}$, also ist auch die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens beider Fälle (nach A) gleich

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{1}{3}.$$

Ganz ebenso erhält man bei der zweiten Urne für die W scheinlichkeit des Zusammentreffens beider Fälle

$$\tfrac{1}{2} \cdot \tfrac{2}{3} = \tfrac{2}{3}.$$

Da aber diese zwei Wahrscheinlichkeiten $\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{3}$ beide für selbe günstige Ereignifs gehören, so hat man (nach Nr. für die gesuchte Wahrscheinlichkeit

$$W = \tfrac{1}{2} + \tfrac{2}{3} = \tfrac{11}{15} = 0{,}733.$$

Dieses Beispiel allgemeiner zu stellen, habe man a Urnen, ren jede m weifse und n schwarze Kugeln hat, und a′ U deren jede m′ weifse und n′ schwarze Kugeln hat, so is Wahrscheinlichkeit, dafs man auf den ersten Zug eine w Kugel ziehen wird, gleich

$$W = \frac{a}{a+a'} \cdot \frac{m}{m+n} + \frac{a'}{a+a'} \cdot \frac{m'}{m'+n'}.$$

In dem vorhergehenden speciellen Beispiele ist $a = a' = n = n' = 1$; $m = 2$ und $m' = 4$, also wieder $W = \frac{1}{2} + \frac{2}{3} =$ wie zuvor.

V. Wahrscheinlichkeiten für wechselseiti Ereignisse.

Sey N die Anzahl aller möglichen Fälle, und davon Anzahl der einem gewissen Ereignisse, n′ aber die Anzah einem andern Ereignisse günstigen Fälle, so sind, nach Vorhergehenden, die absoluten Wahrscheinlichkeiten, dafs jenen n Fällen einer, oder dafs von diesen n′ Fällen einer treten werde,

$$w = \frac{n}{N} \text{ oder } w' = \frac{n'}{N}.$$

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit W, dafs ent eines jener n ersten Ereignisse eintrifft, oder, wenn nicht der Fall ist, dafs dann doch wenigstens eines d zweiten Ereignisse eintreffe? Die Wahrscheinlichkeit, das erste Ereignifs eintrete, ist gleich w, also auch die W scheinlichkeit, dafs es nicht eintrete, gleich $1 - w$, und die Wahrscheinlichkeit, dafs das erste nicht, aber dann das zweite eintrete, (nach Nr. IV) gleich

$$(1 - w)\, w'.$$

Diesem gemäfs ist also die gesuchte Wahrscheinlichkeit W, dafs entweder das erste Ereignifs eintritt, oder wenn dieses nicht der Fall ist, dafs dann doch das andere Ereignifs eintritt (nach Nr. III),

$$W = w + (1 - w)\,w'$$

oder, wie sich dieser Ausdruck auch schreiben läfst,

$$W = 1 - (1 - w)(1 - w').$$

Ein Beispiel wird dieses erläutern. Die Wahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln auf den ersten Wurf 9 oder, wenn dieses nicht geschieht, wenigstens auf den zweiten Wurf 9 zu treffen, ist gleich

$$W = 1 - (1 - \tfrac{4}{36})(1 - \tfrac{4}{36}) = 0{,}210.$$

Die Wahrscheinlichkeit aber, auf den ersten Wurf 9 oder, wenn dieses nicht geschieht, doch auf den zweiten Wurf 8 zu treffen, ist

$$W = 1 - (1 - \tfrac{4}{36})(1 - \tfrac{5}{36}) = 0{,}234.$$

Hat man drei Ereignisse, deren Wahrscheinlichkeiten

$$w = \frac{n}{N};\quad w' = \frac{n'}{N} \text{ und } w'' = \frac{n''}{N}$$

sind, so findet man die Wahrscheinlichkeit W, dafs entweder das erste Ereignifs eintrifft, oder, wenn dieses nicht geschieht, das zweite erfolgt, oder, wenn auch dieses nicht geschieht, doch das dritte eintrifft, sehr leicht auf folgende Weise. Setzt man der Kürze wegen

$$x = 1 - (1 - w)\,(1 - w'),$$

findet man sogleich, wie zuvor, dafs man

$$W = 1 - (1 - x)(1 - w'')$$

haben wird, also auch, wenn man den Werth von x substituirt,

$$W = 1 - (1 - w)(1 - w')(1 - w'').$$

Man erhält z. B. für die Wahrscheinlichkeit, dafs man mit drei Würfeln im ersten Wurfe 7 oder, wenn dieses nicht eintrifft, im zweiten Wurf 7 oder, wenn auch dieses nicht eintrifft, wenigstens im dritten Wurfe 7 werfen wird,

$$W = 1 - (1 - \tfrac{1}{6})(1 - \tfrac{1}{6})(1 - \tfrac{1}{6}) = \tfrac{91}{216}.$$

Auf ähnliche Art wird man bei vier Ereignissen, deren Wahrscheinlichkeiten w, w', w'' und w''' sind, haben

$$W = 1 - (1 - w)\,(1 - w')\,(1 - w'')\,(1 - w''') \text{ u. s. w.}$$

Diese Ausdrücke lassen sich unmittelbar auf die wahrschei che Dauer der Verbindungen zweier oder mehrerer Personer Wittwen- und Waisenanstalten anwenden. Ist nämlich w Wahrscheinlichkeit, dafs eine a jährige Person A noch p J. leben wird, und ist ebenso w′ die Wahrscheinlichkeit, dafs e b jährige Person B noch p Jahre, und w″, dafs eine c jäh Person C noch p Jahre leben wird u. s. f. (welche Wa scheinlichkeiten man aus den bekannten Mortalitätstafeln du Rechnung finden kann), so ist

$w.w'$ die Wahrscheinlichkeit, dafs A und B noch p Ja beisammen leben, oder $w.w'$ ist die *Ehedauer* die zwei Personen. Ebenso ist

$1-w.w'$ die Wahrscheinlichkeit, dafs von diesen bei Personen nach p Jahren eine schon todt ist; f ner ist

$w(1-w')$ die Wahrscheinlichkeit, dafs nach p Jahren Person A noch lebe und B schon todt ist;

$w'(1-w)$ die Wahrscheinlichkeit, dafs nach p Jahren schon todt ist und B noch lebt;

$(1-w)(1-w')$ die Wahrscheinlichkeit, dafs nach p Jahr beide schon todt sind, und endlich

$1-(1-w)(1-w')$ die Wahrscheinlichkeit, dafs nach Jahren beide Personen noch nicht todt sind, sond dafs wenigstens eine derselben noch lebe.

Auf dieselbe Weise ist auch

$w.w'.w''$ die Wahrscheinlichkeit, dafs nach p Jahren drei Personen A, B, C noch beisammen leben

$ww'(1-w'')$ dafs nach derselben Zeit A und B noch le aber C todt ist;

$(1-w)(1-w')w''$ dafs A und B schon todt sind, ab noch lebt;

$1-ww'w''$ dafs wenigstens eine von diesen drei Pers todt ist;

$1-(1-w)(1-w')(1-w'')$ dafs noch nicht alle drei sind, sondern wenigstens eine noch lebt;

$(1-w)(1-w')(1-w'')$ dafs nach p Jahren alle drei s todt sind u. s. f.

Nach der Mortalitätstafel von Baumann leben von 1000 in einem Jahre gebornen Personen

nach 20 Jahren noch 491 $= A_{20}$
— 30 — — 439 $= A_{30}$
— 40 — — 374 $= A_{40}$
— 50 — — 300 $= A_{50}$
— 60 — — 210 $= A_{60}$.

Die Wahrscheinlichkeit, noch weitere 20 Jahre zu leben, ist für eine jetzt

20jährige Person $\frac{A_{20+20}}{A_{20}} = \frac{374}{491} = 0.8 = w$ nahe
30 — — $\frac{A_{30+20}}{A_{30}} = \frac{300}{439} = 0.7 = w'$
40 — — $\frac{A_{40+20}}{A_{40}} = \frac{210}{374} = 0.6 = w''$.

Diesem gemäfs hat man also für das eheliche Zusammenleben der beiden ersten, jetzt 20- und 30jährigen Personen

$ww' = 0.56$ $w'(1-w) = 0.14$
$1-ww' = 0.44$ $(1-w)(1-w') = 0.06$
$w(1-w') = 0.24$ $1-(1-w)(1-w') = 0.94$.

Betrachtet man aber die erste, jetzt 20jährige Person als die künftige Waise der beiden anderen, von welchen die eine jetzt 30 und die zweite 40 Jahre alt ist, so hat man für das Zusammenleben und das allmälige Sterben dieser drei Personen

$ww'w'' = 0.34$ $w(1-w')(1-w'') = 0.10$
$ww'(1-w'') = 0.22$ $(1-w)(1-w')(1-w'') = 0.02$
$(1-w)(1-w')w'' = 0.04$ $1-ww'w'' = 0.66$
$(1-w)w'(1-w'') = 0.06$ $1-(1-w)(1-w')(1-w'') = 0.98$ u. s. f.,

was sich noch beliebig weit fortsetzen läfst[1].

---

1 Weitere Anwendungen auf Leibrenten, Wittwen- und Waisenanstalten u. dgl. findet man in Tetens Einleitung in die Berechnung der Leibrenten u. s. w. Leipzig 1785 und J. G. Meyer, allgemeine Anleitung zur Berechnung der Leibrenten und Anwartschaften. Kopenhagen 1822. II Bde. Ueber die allgemeine Theorie dieser ersten Gattung der Wahrscheinlichkeitsrechnung aber kann man folgende Schriften nachsehen: Huygens Tractatus de ratiociniis in ludo aleae, in Schooten's Exercitationes mathematicae 1658. Jacob Bernoulli Ars

B. Theorie der kleinsten Quadrate.

Da von dieser wichtigen, dem Physiker unserer Zeit u
entbehrlichen Methode schon mehreres Vorzügliche ber
oben[1] angegeben wurde, so werden wir uns hier gröfstentl
nur auf das dort der Kürze wegen Uebergangene zu beschrä
ken und dadurch diesen interessanten Gegenstand, besonders
Beziehung auf die praktische Anwendung desselben, zu v
vollständigen suchen.

I. Allgemeine Bemerkungen.

Zuerst wollen wir einige allgemeine Bemerkungen über
hier anzustellenden Untersuchungen vorausschicken. Die
fahrung lehrt, dafs auch bei den einfachsten Beobachtung
die mit den besten Instrumenten und mit der gröfsten Umsi
und Geschicklichkeit angestellt werden, fortwährende Wied
holungen derselben Beobachtungen stets *etwas verschied*
Resultate geben, oder, mit andern Wörten: dafs alle un
Beobachtungen, wie alle Menschenwerke, *fehlerhaft* sind.
uns aber darum zu thun seyn mufs, so viel als möglich *fehlerf*
Beobachtungen zu erhalten und uns der gewünschten Wahr
wenigstens so sehr zu *nähern*, als es unsere Verhältnisse e
erlauben, so entsteht die Frage, wie man aus einer d
Beobachtungen gegebenen Anzahl von jenen unvermeidlich
lerhaften Resultaten dasjenige Resultat finden soll, welches
ter allen dem *kleinsten Fehler* unterworfen, welches also
der Wahrheit nächste oder welches das *wahrscheinlic*
Resultat ist. Es mufs nun zuerst bemerkt werden, dafs
nicht von jenen constanten Fehlern die Rede ist, die aus eb
so constanten Unvollkommenheiten unserer Instrumente
auch unserer Sinne entspringen. Wer z. B. mit einem n
luftleeren Barometer, oder mit einem schlecht getheilten Th
mometer, oder wer mit einem astronomischen Sextanten, de

---

conjectandi. Basel 1713. Montmort Essay d'Analyse sur les jeu
hasard. Par. 1713. Moivre the doctrine of chances. Lond. 1718
desselben Annuities of lives. 1756. Lacroix Élémens du calcul des
babilités, übersetzt von Ungen. Erfurt 1818. Klügel's mathem. W
terbuch, Bd. V. Art. Wahrscheinlichkeitsrechnung.

1 S. Art. *Beobachtung*, Bd. I. S. 901.

Collimationsfehler er nicht kennt, beobachtet, wird eben deshalb unrichtige Resultate erhalten, die sich aber nicht durch irgend eine Rechnung, sondern nur dadurch verbessern lassen, dafs man entweder bessere Instrumente anwendet, oder dafs man jene Fehler der alten Instrumente entweder kennen lernt und dann auf sie bei den Beobachtungen gehörige Rücksicht nimmt, oder dafs man sie, durch eine geschickte Anordnung der Beobachtungsarten, eliminirt und unschädlich macht. Bei den bekannten Beobachtungen an dem astronomischen Mittagsrohre pflegt man die Zeiten der Uhr anzugeben, in welchen ein Gestirn eben durch den im Brennpuncte des Rohrs ausgespannten Faden geht. Es giebt aber Astronomen, die sich entweder gewöhnt haben, oder die vielleicht durch die Einrichtung ihrer inneren Organisation gezwungen sind, jeden Durchgang des Sterns mit dem Auge gleichsam zu anticipiren oder um eine halbe Secunde und mehr mit ihrem Auge früher zu sehen, oder auch die Pendelschläge der Uhr mit ihrem Ohre um ebenso viel später aufzufassen, als andere Beobachter, und auch solche Fehler können offenbar keinen Gegenstand für die hier gemeinten Berechnungen abgeben.

Die eigentlichen Ursachen derjenigen Fehler, von welchen hier die Rede ist, sind uns unbekannt, daher wir sie mit dem Namen von *zufälligen* Fehlern zu bezeichnen pflegen, womit wir aber eben nur unsere Unkenntnifs derselben ausdrücken. Wir glauben dazu um so mehr berechtigt zu seyn, da diese Fehler nicht mehr, wie jene erstgenannten, *constant*, sondern da sie, wie die Erfahrung zeigt, in ihrer absoluten Gröfse sowohl, als auch in ihrem Zeichen *veränderlich* erscheinen, da sie bald positiv, bald negativ sind, und sich im Allgemeinen immer um eine gewisse mittlere Gröfse in bestimmten Grenzen auf und ab bewegen, so dafs, wenn man ihr sogenanntes *arithmetisches Mittel* nimmt, sie sich gegenseitig, grofsentheils wenigstens, aufheben oder doch gleichsam compensiren, und zwar dieses um so mehr, je gröfser die Anzahl dieser Beobachtungen selbst ist, immer vorausgesetzt, dafs sie alle unter einander unseres Wissens im Allgemeinen als gleich gute Beobachtungen zu betrachten sind. Wollte man z. B. annehmen, dafs diese Fehler alle mit *demselben* Zeichen behaftet wären, so würden sich einige Beobachtungen (deren Fehler gröfser ist) offenbar mehr von der Wahrheit entfernen, als die anderen,

und die sämmtlichen Beobachtungen könnten nicht mehr gleich gut angenommen werden. Die hier in Rede stehend Fehler werden also die Resultate der einzelnen Beobachtung ebenso leicht zu grofs als zu klein geben können. Eine s che Reihe von Fehlern wird anfangs, so lange die Anzahl Beobachtungen noch gering ist, als ganz willkürlich und gleic sam zufällig erscheinen. Wenn aber diese Reihe immer wei fortgesetzt wird, so sieht man endlich gewisse Erscheinun häufiger, und dafür wieder andere seltener hervortreten; früher Zufällige fängt an, sich zu verlieren, um einem gew sen constanten Verhältnisse seine Stelle abzutreten, indem s alle jene einzelnen Fehler gegen einen gewissen mittleren Fe ler herumlagern und anordnen, so dafs es ohne Zweifel s interessant seyn würde, diesen mittleren Fehler und den G seiner Wahrscheinlichkeit, so wie auch wohl den Grad Wahrscheinlichkeit eines jeden einzelnen Beobachtungsfehl auf irgend eine Weise näher kennen zu lernen.

Mitten unter den höchst veränderlichen und verwickelt uns aber gröfstentheils unbekannten Ursachen der Erscheinu gen in der Natur bemerken wir also beinahe ohne Ausnah dafs die anfangs auftretenden Unordnungen und *Zufälligkeit* wie wir es nennen, in demselben Mafse abnehmen, wie öfter nach einander vorkommen, oder dafs, wie die Ersch nungen selbst sich vervielfältigen, eine Art von Ordnung ihnen sichtbar wird, die wir denn auch meistens, vielleic wieder mit Unrecht, einer uns noch verborgenen *Absicht* zuz schreiben pflegen.

Um dieses durch ein Beispiel deutlich zu machen, woll wir annehmen, dafs in einer Urne eine uns ganz unbekann Anzahl von weifsen und von schwarzen Kugeln enthalten s Wenn man bei jedem Zuge aus dieser Urne eine einzige jed Kugeln herausnimmt, ihre Farbe bemerkt, und sie dann wied in die Urne zurücklegt, um eine neue Ziehung vorzunehme so wird bei den ersten Zügen das Verhältnifs der gezogen weifsen Kugeln zu den gezogenen schwarzen sehr veränderli und unregelmäfsig erscheinen. Allein je länger man diese Zi hungen fortsetzt, desto deutlicher wird man auch ein gewiss bestimmtes und constantes Verhältnifs dieser beiden Farb sich gestalten sehen, und dieses Verhältnifs der *gezogenen* we fsen und schwarzen Kugeln wird dem Verhältnisse der in d

Urne *enthaltenen* weifsen und schwarzen Kugeln immer näher kommen, je gröfser die Anzahl der Ziehungen ist, so dafs man endlich mit grofser Wahrscheinlichkeit das wahre Verhältnifs der Anzahl der in der Urne enthaltenen weifsen und schwarzen Kugeln wird bestimmen können, wenn uns gleich anfangs dieses Verhältnifs völlig unbekannt gewesen ist. Wenn z. B. nach den ersten 300 Ziehungen die Zahl der gezogenen weifsen Kugeln 120 und die der schwarzen 180 ist, so wird man schon mit einiger Wahrscheinlichkeit sagen können, dafs sich von den in der Urne enthaltenen Kugeln die Zahl der weifsen zu der Zahl der schwarzen nahe wie 2 zu 3 verhalten müsse, und diese Wahrscheinlichkeit wird schon sehr grofs seyn, wenn von weiteren 6000 Ziehungen die Zahl der gezogenen weifsen 2400, die der schwarzen aber 3600 ist, und so fort für eine noch gröfsere Anzahl von Ziehungen.

Denken wir uns ebenso eine grofse Reihe von kreisförmig aufgestellten Urnen, deren jede eine bedeutende Anzahl weifser und schwarzer Kugeln enthält. Das ursprüngliche Verhältnifs dieser zwei Gattungen von Kugeln kann noch so verschieden seyn, so dafs z. B. mehrere Urnen blofs weifse und wieder andere blofs schwarze Kugeln enthalten. Zieht man dann eine Kugel aus der ersten Urne und wirft sie in die zweite, schüttelt dann die Kugeln dieser zweiten Urne wohl durch einander, zieht aus ihr eine Kugel und wirft sie in die dritte u. s. w., bis man die aus der letzten Urne gezogene Kugel wieder in die erste wirft, und wiederholt man dieses Verfahren mit der ganzen Reihe von Urnen recht oft hinter einander, so wird, je weiter man kommt, desto mehr das Verhältnifs der weifsen und schwarzen Kugeln in *jeder* Urne sich dem immer mehr constant werdenden Verhältnifs der weifsen und schwarzen Kugeln in *allen* Urnen nähern. Durch dieses Verfahren wird also die anfängliche Unregelmäfsigkeit dieses Verhältnisses in jeder einzelnen Urne sich immer mehr und mehr verlieren und endlich in eine sehr einfache Ordnung übergehn. Wenn z. B. das anfängliche Verhältnifs der weifsen Kugeln in *allen* Urnen zu den schwarzen, wie in dem ersten Beispiele, gleich 2:3 war, so wird am Ende des angezeigten Verfahrens auch dasselbe Verhältnifs in *jeder einzelnen* Urne statt haben.

Ganz dieselbe Erscheinung hat auch bei allen Ereignissen

der Natur statt, in welchen gewisse constante Kräfte regelmi fsige Wirkungen erzeugen, die eben dadurch andere, verände liche Einflüsse mit der Zeit überwiegen, und auf diese Wei endlich selbst aus dem Schoofse der Unordnung Systeme en wickeln, deren einfache Regelmäfsigkeit dann der Gegenstai unserer Bewunderung ist. Auf diese Weise scheinen alle E eignisse in der Natur einem allgemeinen Gesetze unterworf zu seyn, welches man das *Gesetz der grofsen Zahlen* nenn könnte, und das man auf folgende Weise ausdrücken kar Wenn man eine grofse Anzahl von Erscheinungen derselb Art beobachtet, so bemerkt man endlich ein gewisses *consta tes Zahlenverhältnifs*, das desto früher und deutlicher herve tritt, je besser und unter sich gleichförmiger erstens die Beo achtungen sind, je gröfser zweitens die Anzahl derselben i und je kleiner endlich die Amplitüden (Abweichungen) der ei zelnen Beobachtungen in Beziehung auf jenes constante V hältnifs sind. Aufserdem sind die so erhaltenen Resultate Art, dafs man aus ihrer Anzahl und aus ihrer Uebereinsti mung unter einander auch ein gewisses Mafs für die inn Güte, für die Wahrscheinlichkeit derselben, so wie für Grenzen erhalten kann, zwischen welchen diese Wahrschei lichkeit enthalten seyn mufs. Macht man späterhin eine a dere, wieder lange fortgesetzte Reihe von ähnlichen Beobac tungen, und findet man, für jenes Endverhältnifs, ein ande von dem vorhergehenden verschiedenes Resultat, so kann m daraus mit Sicherheit schliefsen, dafs auch die Ursachen, w che diese Erscheinungen hervorbringen, eine Aenderung erlit haben müssen.

Dieses Gesetz der grofsen Zahlen findet sich nicht bl in denjenigen Erscheinungen, die wir, aus Unkenntnifs ih eigentlichen Ursachen, dem blinden Zufalle zuzuschreiben pf gen, sondern auch in denjenigen, die von bereits sehr w bekannten Kräften herrühren, auf die aber doch auch and zufällige und unregelmäfsige Ursachen einwirken. So fol die Ebbe und Fluth in jedem Hafen, wie die Beobachtung zeigen, dem Gesetze der Anziehung der Sonne und des Mo des, d. h. sie erfolgen, wenn man nur recht viele Beobac tungen in demselben Hafen anstellt, ganz nach den Vorschr ten der darüber aufgestellten und berechneten Theorie, so gr und so unregelmäfsig auch der Einflufs der Winde seyn m

die in jedem Hafen anders und oft sehr gewaltsam auf diese Erscheinungen einzuwirken scheinen. Aehnliche Resultate bieten uns auch unsere Mortalitätstafeln dar. Dieser oder jener Mensch, diese oder jene ganze Familie stirbt früher oder später, als jene Tafel verkündigt, aber der sogenannte *mittlere Mensch* behält die ihm von der Tafel angewiesene Lebensdauer bei, so lange die bisherigen Verhältnisse, unter denen er lebt, keine Aenderungen erleiden.

Demselben Gesetze der grofsen Zahlen sind aber nicht blofs die materiellen, sondern auch die geistigen Erscheinungen in der Natur unterworfen. Dabei mufs jedoch bemerkt werden, dafs es sich in der Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht um den letzten Grund, um das innere Wesen dieser geistigen Erscheinungen handelt, sondern dafs hier blofs die Variation ihrer Wirkungen und die Anzahl der Beobachtungen in Betrachtung kommt, die nöthig ist, diese Variationen zwischen bestimmten Grenzen zu fixiren. Aber, wird man fragen, wie sollen sich Erscheinungen, an denen unser freier Wille und oft nur unsere Laune den gröfsten Antheil hat, bestimmten Gesetzen unterwerfen und sogar berechnen lassen? Ohne hier auf das so oft bestrittene Thema von der Freiheit des Willens, das wir Andern zu discutiren überlassen, einzugehn, wollen wir uns nur an die Thatsachen, an unleugbare Facta halten und, Individuen und individuelle Handlungen zur Seite lassend, nur grofse Gesellschaften, ganze Massen von Menschen, nicht den einzelnen Menschen selbst, betrachten. Für diese Massen aber, für ganze grofse Völkerschaften, so lehrt die Erfahrung, verschwindet die Wirkung des freien Willens beinahe gänzlich, und was davon für den Beobachter übrig bleibt, scheint rein nur der Natur, dem Klima, den bürgerlichen Einrichtungen, den erblichen Gewohnheiten, der Erziehung und den übrigen gesellschaftlichen Verhältnissen anzugehören. Wer Beweise dafür will, darf nur die Erfahrung befragen. Poisson[1] hat uns folgendes amtliche Verzeichnifs der bei dem obersten Criminal-Gerichtshof in Frankreich jährlich angeklagten und verurtheilten Verbrecher mitgetheilt.

1 Comptes rendus pour l'année 1837. T. V. p. 459.

Jahr	Angeklagte	Verurtheilte	Verhältnifs der Verurtheilten zu den Angeklagten
1825	6652	4037	0,61
1826	6988	4348	0,62
1827	6929	4236	0,61
1828	7396	4551	0,61
1829	7373	4475	0,60
1830	6962	4136	0,59

Welche Uebereinstimmung unter den Zahlen der letzten
lumne! Und sie wird nicht blofs, vielleicht zufällig, für j
Land gefunden, da wir für Belgien, England, Baden, d
für alle diejenigen Länder schon ähnliche Resultate besitzen
welchen die Verhandlungen der Criminaljustiz öffentlich
kannt gemacht werden. So gab Poisson für England, eb
falls aus amtlichen Mittheilungen, folgende Tabelle.

Jahr	Angeklagte	Verurtheilte	Verhältnifs der Verurtheilten zu den Angeklagten
1832	20829	14947	0,72
1833	20072	14446	0,72
1834	22451	15995	0,71
1835	20731	14729	0,71
1836	20984	14771	0,70

Man hat so oft schon nach den Ursachen gefragt, welche j
lich so viele Unglückliche unter uns den peinlichen Geric
überliefert haben, um daraus die Mittel abzuleiten, dieses U
wenn nicht ganz von uns zu entfernen, doch wenigstens so
als möglich zu vermindern. Man hat den Mangel an Erzieh
an Religion, an guten Beispielen, an Mitteln zum Lebens
terhalte u. dgl. als die Ursachen jener jeden Menschenfreun
tief betrübenden Erscheinung angeklagt. Und wer wird zwei
dafs diese Ursachen in der That ganz vorzüglich wirksam gew
sind, um so viele Hunderte jährlich in Europa vor die R
terbank und selbst auf das Blutgerüst zu führen? Aber
giebt vielleicht auch noch einige andere Einflüsse, an die
bisher noch gar nicht gedacht hat. Wem ist es z. B. wohl

gefallen zu glauben, dafs die gröfsere oder kleinere Anzahl der Verbrecher eines Landes auch von dem mehr oder weniger vorgerückten *Alter* derselben abhängig sey? Folgende Tabelle hat uns Quetelet in seinem vortrefflichen Werke „über den Menschen" gegeben. Sie stellt die vor den Criminalgerichten in Frankreich jährlich Angeklagten nach ihren Lebensjahren zusammen.

Alter	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835
Von										
16 bis 21	1100	1020	1280	1160	1120	1220	1130	1240	1140	1230
21 – 25	1160	1090	1170	1180	1120	1230	1230	1170	1090	1150
25 – 30	1300	1290	1400	1280	1224	1410	1470	1280	1140	1300
30 – 35	930	970	1000	1140	1124	1280	1350	1120	1020	1060
35 – 40	640	660	680	730	680	780	940	840	812	870
50 – 55	260	280	280	280	300	290	350	310	270	260
60 – 65	130	150	140	120	90	110	150	110	110	110
70 – 75	20	25	28	30	25	19	24	24	19	25

Das Maximum des Hanges zu Verbrechen zeigt sich in dieser Tafel in jedem einzelnen von den zehn angeführten Jahren durchgehends gegen das 25ste Lebensjahr. Aber auch für jedes andere Alter sind die ihm entsprechenden Zahlen von einer sehr auffallenden Gleichförmigkeit, und ich zweifle sehr, dafs man in einer Stadt oder Provinz, die nahe an 7000 Sterbefälle im Jahre zählt, eine Mortalität finden wird, die sich auf eine mehr regelmäfsige Weise gestaltet. Die vorhergehende Tafel zeigt, dafs man mit Hülfe derselben die Zahl der Criminalfälle Frankreichs für die nächstfolgenden Jahre mit einer Genauigkeit voraussagen kann, die z. B. für die Angeklagten zwischen 21 bis 25 Jahren bis auf 20 Personen, d. h. bis nahe auf den 60sten Theil der ganzen jährlichen Anzahl dieser Unglücklichen richtig seyn wird. Für Belgien und das Grofsherzogthum Baden hat Quetelet sehr nahe dieselben Resultate gefunden, und er ist dadurch auf die betrübende Bemerkung geführt worden, dafs es in jedem Staate kein anderes jährliches Budget gebe, das mit so schaudervoller Regelmäfsigkeit innegehalten wird, als das Budget der Gefängnisse und der Hochgerichte. Wir wenden mit Schmerz unsere Augen von einem so entsetzlichen Schauspiele ab, das uns anfangs ganz unglaublich, ja unmöglich erscheint. Aber hier sind Thatsachen, die für sich selbst spre-

chen und so laut sprechen, dafs man sich vielmehr verwun
sollte, wie ihre Stimme so lange schon überhört werden kor
Wir wenden unsere Augen auch mit Ekel und Schauder
dem Anatomen ab, der mit seinem blutbefleckten Messer in
menschlichen Eingeweiden wühlt, aber werden wir ihn des
von seinen nützlichen Arbeiten abhalten oder gar verwüns
wollen? Käme es nur auf die Befriedigung einer eitlen N
gierde an, so würden wir die Ersten seyn, solche unfrucht
und betrübende Untersuchungen zu verlassen, aber wenn
Anatom uns durch dieselben, durch seine Zergliederung
Todten Mittel giebt, die Wunden der Lebenden zu heilen
sie selbst vor einem frühen Tode zu bewahren, so w
wir ihn und seine beschwerlichen, aber menschenfreundli
Arbeiten preisen und die Früchte seiner Bemühungen dan
hinnehmen.

Wenn es also in der That ein so schaudervolles Bu
giebt, und die Existenz desselben ist nicht weiter zu leu
so müssen wir es, vor allen anderen, zu *reduciren* suc
Diese Reduction aber ist glücklicher Weise in unserer H
Wir sehen, dafs in jedem Jahre dasselbe Land dieselben
brechen in derselben Ordnung und Anzahl wiederholt, und
ihnen auch dieselben Strafen in demselben Verhältnisse fo
Dieses soll uns aber nicht, wie Manche vielleicht wähnen
einem starren Fatalismus führen, so wenig, als eine an
längst schon bekannte und ganz ähnliche Erfahrung, da
jedem Lande die meisten Verbrecher immer in denjenigen
sen des Volkes angetroffen werden, in welchen die Erzie
der künftigen Generation am meisten vernachlässigt wird.
aus folgt nur, dafs wir uns bestreben sollen, jenen Volks
sen fernerhin eine bessere Erziehung zukommen zu la
Und ganz ebenso folgt auch aus jenen Thatsachen, dafs es
sere und besonders unserer Machthaber wichtigste Pflicht
alle die Mittel aufzusuchen und in Thätigkeit zu setzen,
che die Reduction jenes entsetzlichen Budgets bewirken
nen. Diese Mittel sind aber, wie gesagt, in *unserer Ge*
Die erstaunenswürdige Regelmäfsigkeit in der jährlich wie
kommenden Anzahl von Verbrechen eines Landes hat nän
darin ihren Grund, dafs während dieser Zeit das Volk d
Landes, seine Sitten, Gesetze, Gewohnheiten u. s. w.
nicht geändert haben. So lange aber dieselben Ursa

verstehn, müssen auch, in der physischen, wie in der moralischen Welt, dieselben Folgen eintreten. Wir werden daher nur die ersten gehörig ändern dürfen, um sofort auch die zweiten zu verbessern. Auf diese Weise betrachtet wird dann das allgemeine Gesetz der Nothwendigkeit, nach welchem der innere freie Wille des Einzelnen, so fest er auch für sich selbst bestehn mag, in der grofsen Masse des Volkes, das gleichsam rein mechanisch dem äufsern Impulse folgt, verschwindet, dieses auf den ersten Blick Schauder und Abscheu erregende Gesetz wird, näher betrachtet, eine sehr tröstende Erscheinung, da in ihm allein das einzig mögliche Pfand der Verbesserung der menschlichen Gesellschaft im Grofsen liegt. Wäre dieser Zusammenhang zwischen Ursachen und Wirkung, den wir überall in der materiellen Welt bemerken, nicht auch in der moralischen zu treffen, sondern sollte hier Alles nur durch Laune und Zufall entstehn, dann erst würden alle Verbesserungen unmöglich, alle Gesetze erfolglos und die ganze Menschheit der Verzweiflung überlassen seyn.

Auch von dieser Einwirkung der veränderten Institutionen eines Landes auf die jährliche Anzahl der Verbrechen hat uns Poisson[1] ein auffallendes Beispiel gegeben. Während der Jahre 1825 bis 1830 erfolgten, den Gesetzen gemäfs, die Entscheidungen der Geschwornengerichte in Frankreich nach der Majorität von 7 gegen 5 Stimmen, oder der Angeklagte wurde freigesprochen, wenn von den 12 Geschwornen 7 für die Strafe stimmten. Aus einer sehr grofsen Anzahl dieser Unglücklichen fand Poisson für diese fünf Jahre das Verhältnifs

$$\frac{\text{Verurtheilte}}{\text{Angeklagte}} = \frac{61}{100} = 0{,}61.$$

Im Jahre 1830 wurde bekanntlich die Regierung dieses Landes geändert, und zugleich im folgenden jenes Gesetz dahin abgeändert, dafs die Verurtheilung nach der Majorität von 8 gegen 4 erfolgen sollte. Sofort wurde für dieses Jahr auch jenes Verhältnifs geändert und gleich

$$\frac{54}{100} = 0{,}54$$

gefunden, so dafs also die Verurtheilungen dadurch *seltener* wur-

[1] Comtes rendus. T. I. p. 473.

den. Weiter wurde in dem nächstfolgenden Jahre 1832 v die Majorität von 8 gegen 4 beibehalten, aber auch zugl gesetzlich vorgeschrieben, dafs die Geschwornen auf die *dernden Umstände* besondere Rücksicht nehmen sollten. D letzte Einrichtung mufste eine Linderung der Strafen, also eine gröfsere Leichtigkeit der Verurtheilungen zur Folge ha In der That fand sich auch jenes Verhältnifs

in dem Jahre 1832 .. gleich 0,59
1833 .. — 0,59
1834 .. — 0,60.

Diese Zahlen, so wie die der vorhergehenden zwei ersten feln, zeigen zugleich die bewunderungswürdige Uebereinst mung der Resultate für die einzelnen Jahre, so dafs man s aus einem oder zwei derselben mit einer Sicherheit auf folgenden schliefsen kann, die bei unseren Mortalitätsli kaum aus zehn oder mehr Jahren folgen würde.

Aber nicht blofs in diesen Beziehungen, die, der al meinen Meinung nach, so sehr von dem freien Willen einzelnen Individuen abhängig sind, scheint diese Indivi lität, wenn sie auf ganze Volksmassen übergetragen wird, gl lich zu verschwinden, sondern dasselbe ist selbst noch bei nen Ereignissen der Fall, die, wie man bisher glaubte, und gar dem Zufalle und der Laune eines jeden Einze überlassen sind. Die jährlichen *Ehen* z. B. geben eben so constante Zahlen, so dafs es scheint, als würde in je Lande jährlich dieselbe Menge, mit oder gegen ihren Wi zur Schliefsung dieses Bündnisses von irgend einer unsich ren Macht getrieben, deren Zweck es ist, die Population Landes auf einem bestimmten Standpuncte zu erhalten. Frankreich hat z. B. das *Annuaire du Bureau des Longit* folgende Tabelle gegeben.

Jahre	Ehen	Abweichung vom Mittel
1826	247200	0,03 des Ganzen
1827	255700	0,00
1828	246800	0,04
1829	248800	0,03
1830	270900	0,06
1831	236400	0,04
1832	242000	0,05
1833	264100	0,03
1834	271200	0,06
1835	275000	0,08
Mittel	255800	

so dafs also die Abweichungen der jährlichen Zahlen von ihrem Mittel im Allgemeinen nur $\frac{4}{106}$ des Ganzen betragen.

Wer wollte es leugnen, dafs unser Wille bei der Zeugung eine Hauptrolle spiele, besonders bei der *aufsserehelichen*, bei der man gleichsam in eine feindliche Stellung gegen unsere bürgerlichen und religiösen Einrichtungen tritt und blofs seinem Hange oder seinem Gutdünken folgt? Aber auch diese aufsserehelichen Geburten sind in jedem Lande und zu jeder Zeit an solche constante Zahlenverhältnisse gebunden, wie folgende ebenfalls den erwähnten *Annuaire* entnommene Tabelle für Frankreich zeigt.

Jahre	Aufsereheliche Geburten	Abweichung vom Mittel
1826	72470	0,02 des Ganzen
1827	70770	0,01
1828	70700	0,01
1829	69350	0,02
1830	69250	0,03
1831	71410	0,00
1832	67670	0,05
1833	71500	0,00
1834	73560	0,03
1835	74730	0,05
Mittel	71140	

so dafs also hier die Abweichungen der jährlichen Zahlen ihrem Mittel im Allgemeinen nur den $\frac{2}{1000}$ des Ganzen b gen, also jene doppelt so regelmäfsig sind, als die Zahle geschlossenen Ehen. Welche Kraft ist es aber, die die ! schen treibt, ihr Geschlecht sowohl in als auch aufse Ehe auf eine so wunderbar regelmäfsige Art zu erha Diese Kraft ist uns unbekannt, aber ihre Existenz kann solchen Thatsachen nicht weiter bestritten werden, so w zugleich offenbar ist, dafs das Gesetz, nach welchem unsichtbare Kraft wirkt, das oben erwähnte *Gesetz der gr Zahlen* ist.

Man sollte kaum glauben, dafs es noch andere Ers nungen gebe, die uns noch mehr willkürlich und zufälli scheinen, als die eben angeführten, und die dessenunge demselben Gesetze unterworfen sind. Jeder bedient sich Briefpost, wie er es eben für gut findet; jeder schreibt an Freunde, wie und wann er will. Und doch hat man g den, dafs in Paris, so wie auch in London, die Zahl de die Post gegebenen Briefe jährlich fast genau dieselbe ist, regelmäfsig der oder jener Monat eine bestimmte Anzahl Briefe liefert, als ein anderer, ja dafs sogar die Zahl de gen Briefe, welche wegen ungenügender oder unle Adressen auf dem Postamte zurückgelegt werden müssen jedem Jahre nahe dieselbe bleibt. Es kann daher weiter nem Zweifel mehr unterworfen seyn, dafs, bei jeder län Reihe von Ereignissen derselben Art, die Wirkung de gelmäfsigen und constanten Ursachen über die der uni mäfsigen ein Uebergewicht erhalte und für uns desto hervortrete, je gröfser diese Reihe von Beobachtungen u besser jede einzelne dieser Beobachtungen selbst ist.

Gehen wir nun zu der analytischen Anwendung Bemerkungen auf Beobachtungen und Experimente über.

II. Elemente der Theorie der kleinsten Quadrate.

Wenn man von irgend einer durch Beobachtungen z stimmenden Gröfse, z. B. von der Polhöhe eines Ortes, gröfsere Anzahl von Beobachtungen hat, die man alle einander für gleich gut zu halten veranlafst ist, so werden

ie so erhaltenen Polhöhen unter sich noch etwas verschieden
yn, und man wird, auf den ersten Blick, nicht wissen, wel-
her von ihnen man den Vorzug geben soll. Bei einer nähern
insicht aber wird man sehen, dafs gewisse Zahlen öfter vor-
ommen, als die übrigen, dafs sich diese übrigen in kleinern
der gröfsern Distanzen um jene ersten lagern und anordnen,
nd dafs endlich auch von diesen übrigen Zahlen diejenigen,
elche in kleinern Distanzen von jenen ersten abstehn, im
llgemeinen zahlreicher sind, als die weiter von jenen ersten
ntfernten Zahlen. Das Einfachste würde seyn, wenn man von
en diesen Zahlen (die von jenen ersten zu weit entfernten
a ausgenommen) das sogenannte *arithmetische Mittel* nähme
nd dieses Mittel für die zu suchende *wahre Zahl* gelten liefse.
n der That wird, wie jede einzelne Beobachtung, so auch diese
leichsam *mittlere Beobachtung* im Allgemeinen noch immer
ehlerhaft seyn; aber der Fehler der mittlern Beobachtung wird
er Wahrscheinlichkeit nach viel kleiner, als jene einzelnen
ehler seyn, weil auf ihn jene oben erwähnten ersten, und die
esen ersten nächsten Zahlen vorzugsweise, und zwar auf eine
hr vortheilhafte Weise einwirken müssen, da die einzelnen
eobachtungszahlen von jenen ersten Zahlen nach verschiedenen
eiten abweichen, bald gröfser und bald wieder kleiner seyn
erden, als diese, so dafs also ihre Differenzen von diesen ersten
ahlen sich gegenseitig, wenigstens gröfstentheils, aufheben
üssen.

Wie soll man aber zu der Kenntnifs der Gröfse dieser
hler, der einzelnen Beobachtungen sowohl, als auch jenes arith-
etischen Mittels aus allen Beobachtungen, gelangen? Oder
nn man die absolute Gröfse dieser Fehler, also auch die
ahrheit selbst nicht unmittelbar angeben kann, wie soll man
nigstens zu irgend einer bestimmten *Schätzung der Wahr-
heinlichkeit*, der Annäherung zur Wahrheit, gelangen, deren
ir diese einzelnen Beobachtungen, so wie auch ihr arithme-
hes Mittel, erfreuen?

Bezeichnen wir die Wahrscheinlichkeit, dafs der Fehler
ei einer ersten Beobachtung gleich x sey, durch φx, so
t also auch $\varphi x'$, $\varphi x''$, $\varphi x'''$.... die Wahrscheinlichkeit
drückt, dafs der Fehler der 2ten, 3ten, 4ten... Beobach-
g gleich x', x'', x'''.... sey u. s. f.

Dieses vorausgesetzt wird die (zusammengesetzte) Wahr-

scheinlichkeit, dafs aus den beiden ersten Beobachtunge
Fehler x und x′ zusammentreffen, (nach der ersten Abth
Nr. IV) gleich dem Producte

$$\varphi x . \varphi x'$$

seyn, und ebenso wird die Wahrscheinlichkeit, dafs i
drei ersten Beobachtungen die Fehler x, x′ und x″ zusan
treffen, gleich

$$\varphi x . \varphi x' . \varphi x''$$

seyn u. s. f. Also auch allgemein: die Wahrscheinli
dafs in der ganzen Reihe von Beobachtungen für jede ei
Beobachtung die Fehler x, x′, x″, x‴... zusammen
wird gleich

$$W = \varphi x . \varphi x' . \varphi x'' . \varphi x''' ..... (A)$$

seyn.

Betrachten wir nun zuerst diese Function φx der Gr
etwas näher. Obschon uns die Form dieser Function
ganz unbekannt ist, so läfst sich doch aus der Nat
Gegenstandes manche allgemeine Eigenschaft derselben
jetzt ergeben. Erstens wird nämlich φx desto kleiner s
gröfser x ist, und umgekehrt, weil die kleinern Fehle
Allgemeinen öfter vorkommen, also wahrscheinlicher seyn
den, als die grofsen. Zweitens wird diese Wahrscheinl
φx ein Minimum und zwar gleich Null seyn, wenn der
x selbst ein Maximum ist, und umgekehrt. Endlich dritte
diese Function φx für gleiche, aber in ihren Zeichen ent
gesetzte Werthe von x auch gleiche Werthe haben müs
es, wenn man irgend eine Gröfse z. B. um x Secunde
lerhaft beobachten kann, gleich wahrscheinlich ist,
Gröfse um x Secunden zu grofs oder auch um ebensov
klein zu beobachten. Diesem gemäfs wird also auch die
scheinlichkeit, dafs der Fehler der ersten Beobachtung zw
den unendlich nahen Grenzen x und x + ∂x liege, nach
selben Grundsatze gleich

$$\varphi x . \partial x$$

seyn, wo ∂x das gewöhnliche Differential der Gröfse
zeichnet. Demnach wird also auch, dem Geiste der In
rechnung zufolge, die Wahrscheinlichkeit, dafs der Feh
ersten Beobachtung zwischen den beiden Grenzen a und b
gleich dem bestimmten Integral des Ausdrucks φx.∂x zw
diesen Grenzen, oder gleich

$$\int_a^b \varphi x . \partial x$$

seyn, und dieses Integral, von dem gröfsten negativen Werthe von x bis zu dem gröfsten positiven Werthe von x (oder allgemein von $x = -\infty$ bis $x = +\infty$) genommen, wird gleich der *Einheit* seyn, wenn nämlich, nach dem Vorhergehenden (erste Abtheilung Nr. I), die Einheit als das Symbol der Gewifsheit angenommen wird.

Um nun diese Function φx in Beziehung auf ihre Form näher kennen zu lernen, wollen wir

$$\frac{\partial . \varphi x}{\varphi x} = \varphi' x . \partial x \ldots (B)$$

setzen und die Gröfse $\varphi' x$ suchen. Nehmen wir an, man hätte für die auf einander folgenden Werthe von x in einer Reihe von Beobachtungen die Gröfsen a, a′, a″... gefunden. Sey n die Anzahl dieser Beobachtungen und

$$\psi = \frac{1}{n} (a + a' + a'' + \ldots),$$

also auch

$$0 = a + a' + a'' + \ldots - n\psi$$

oder

$$0 = (a - \psi) + (a' - \psi) + (a'' - \psi) + \ldots$$

und daher auch

$$0 = \varphi'(a - \psi) + \varphi'(a' - \psi) + \varphi'(a'' - \psi) + \ldots$$

Setzt man nun alle diese Werthe a′, a″, a‴... unter sich gleich, und zwar

$$a' = a'' = a''' \ldots = a - bn,$$

so erhält man

$$\psi = \frac{1}{n}\left[a + (a - bn) + (a - bn) + (a - bn) + \ldots\right]$$

oder, was dasselbe ist,

$$\psi = \frac{1}{n}\left[an - bn(n-1)\right] = a - b(n-1),$$

so dafs also die vorhergehende Gleichung in folgende übergeht:

$$\begin{aligned} 0 = {} & \varphi'[a - a + b(n-1)] \\ & + \varphi'[a - bn - a + b(n-1)] \\ & + \varphi'[a - bn - a + b(n-1)] \\ & + \varphi'[a - bn - a + b(n-1)] + \ldots \end{aligned}$$

Diese Gleichung läfst sich auch so ausdrücken:

$$0=\varphi'.b(n-1)+\varphi'.(-b)+\varphi'.(-b)+\varphi'.(-b)+$$

oder endlich auch so:

$$0=\varphi'.b(n-1)+(n-1).\varphi'.(-b).$$

Setzt man in der letzten Gleichung für b die Gröfse und für n nach und nach die natürlichen Zahlen 2, 3, 4 so erhält man

$$0=\varphi'.x+\varphi'.(-x)$$
$$0=\varphi'.2x+2\varphi'.(-x)$$
$$0=\varphi'.3x+3\varphi'.(-x) \text{ u. s. f.}$$

und daraus folgt, dafs die Gröfse $\varphi'x$ gleich dem Prod einer beständigen Gröfse k in die Gröfse x selbst seyn n oder dafs man hat

$$\varphi'x=kx.$$

Substituirt man aber diesen Werth von $\varphi'x$ in der gen Gleichung (B), so erhält man

$$\frac{\partial.\varphi x}{\partial x}=kx\partial x$$

oder, wenn man die natürlichen Logarithmen nimmt,

$$\text{Log. } \varphi x=\tfrac{1}{2}kx^2+\text{Log. C},$$

wo C eine Constante bezeichnet. Ist aber e die Basis der türlichen Logarithmen und setzt man der gröfsern Einfac wegen die Constante $k=-2h^2$, so geht die letzte Gleic in folgende über:

$$\varphi x=C.e^{-h^2x^2} \quad \ldots\ldots(C)$$

und ist daher auch

$$\int\varphi x.\partial x=C.\int e^{-h^2x^2}\partial x.$$

Um in dieser Gleichung die Constante C der Integ zu bestimmen, so ist nach dem oben Gesagten

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\varphi x.\partial x=1.$$

Allein das Integral

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-h^2x^2}\partial x$$

zwischen denselben Grenzen, nämlich zwischen $x=-\infty$ $x=+\infty$ genommen, ist bekanntlich gleich

$$\frac{1}{h} \cdot \sqrt{\pi},$$

wo π die bekannte Ludolph'sche Zahl 3,14159.. bezeichnet, und damit giebt die letzte Gleichung

$$1 = \frac{C}{h} \cdot \sqrt{\pi} \text{ oder } C = \frac{h}{\sqrt{\pi}},$$

so dafs also die Gleichung (C) in die folgende übergeht:

$$\varphi x = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \quad \ldots (D)$$

wodurch daher die gesuchte Function φx bestimmt worden ist. Diese Gleichung (D) sagt, dafs der wahrscheinlichste Werth der Gröfse x oder dafs der wahrscheinlichste Fehler x derjenige ist, für welchen die Summe der Quadrate der Differenzen zwischen diesem wahrscheinlichsten Fehler und den Fehlern der einzelnen Beobachtungen ein Minimum ist. Demnach wird die obige Gleichung (A) in die folgende übergehen:

$$W = \left(\frac{h}{\sqrt{\pi}}\right)^n \cdot e^{-h^2(x^2 + x'^2 + x''^2 + \ldots)},$$

wo also W die Wahrscheinlichkeit ausdrückt, dafs die Fehler der einzelnen Beobachtungen nach der Ordnung gleich x, x', x'' ... sind.

Dieses vorausgesetzt sey nun durch Beobachtungen irgend einer Art eine Anzahl Gleichungen von folgender Form gegeben:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= n + ax + by + cz + \ldots \\ \varepsilon' &= n' + a'x + b'y + c'z + \ldots \\ \varepsilon'' &= n'' + a''x + b''y + c''z + \ldots, \end{aligned}\right\} \ldots (E)$$

wo die Anzahl dieser Gleichungen gröfser seyn soll, als die Anzahl der unbekannten Gröfsen x, y, z ..., von welchen letztern nur ihre wahrscheinlichsten Werthe zu finden sind. In diesen Gleichungen bezeichnen m, a, b, c .., so wie m', a', b', c' .. u. s. w. bekannte oder gegebene Gröfsen. Die Gröfsen $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$ .. aber sollten eigentlich alle gleich Null seyn, wenn nämlich die Beobachtungen, die jenen Gleichungen zu Grunde liegen, alle streng richtig wären. Da dieses aber im Allgemeinen bei keiner Beobachtung der Fall ist, so werden diese Gröfsen $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon'' \ldots$ hier zwar im Allgemeinen nur kleine Gröfsen seyn, durch welche die *Fehler* der einzelnen Beobachtungen bezeichnet werden. Nach dem Vorhergehenden wird aber die vortheilhafteste Bestimmung der Gröfsen x, y, z .. diejenige seyn, für welche die Summe

$$\varepsilon^2 + \varepsilon'^2 + \varepsilon''^2 + \ldots = \Sigma \cdot \varepsilon^2$$

der Quadrate dieser Beobachtungsfehler ε, ε', ε''.. ein Minim für welche also das Differential

$$\partial . \Sigma . \varepsilon^2 = 0$$

ist. Da jedoch die Gröfsen ε, ε', ε''... hier als Functionen allen den unbekannten Gröfsen x, y, z.. auftreten, und überdiefs diese Gröfsen x, y, z.. im Allgemeinen von eina ganz unabhängig sind, so ist die letzte Gleichung allen folgenden gleichgeltend:

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial x}\right) &= 0 \\ \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial y}\right) &= 0 \\ \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial z}\right) &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots (F)$$

u. s. w.

und da dieser Gleichungen genau ebenso viele sind, als unbekannte Gröfsen x, y, z... hat, so wird man aus di Gleichungen (F) die gesuchten wahrscheinlichsten Werthe x, y, z... auf dem bekannten Wege der Elimination bestim und dadurch die hier gegebene Aufgabe aufgelöst haben.

Sucht man nun aus den obigen Gleichungen (E) Summe $\Sigma . \varepsilon^2 = \varepsilon^2 + \varepsilon'^2 + \varepsilon''^2 + \ldots$ und hebt dabei zuerst die in x multiplicirten Glieder aus, so erhält man

$$\left.\begin{aligned} &m^2 + a^2x^2 + 2amx + 2abxy + 2acxz + .. \\ &+ m'^2 + a'^2x'^2 + 2a'm'x + 2a'b'xy + 2a'c'xz + .. \\ &+ m''^2 + a''^2x^2 + 2a''m''x + 2a''b''xy + 2a''c''xz + .. \end{aligned}\right\}$$

oder auch, wenn man der Kürze wegen

$$\int a^2 = a^2 + a'^2 + a''^2 + \ldots; \int ab = ab + a'b' + a''b'' + \ldots$$

$$\int m^2 + x^2 \int a^2 + 2x \int am + 2xy \int ab + 2xz \int ac + \ldots$$

und davon ist das in Beziehung auf x genommene und g Null gesetzte Differential

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0 \text{ oder } 0 &= \int am + x \int aa + y \int ab + z \int ac + \ldots \\ \text{und ganz eben so findet man auch} \\ \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0 \text{ oder } 0 &= \int bm + x \int ba + y \int bb + z \int bc + \ldots \\ \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial z}\right) = 0 \text{ oder } 0 &= \int cm + x \int ca + y \int cb + z \int cc + \ldots \end{aligned}\right\} (G$$

u. s. w.

und dieses sind daher die gesuchten Gleichungen, aus welchen man die wahrscheinlichsten Werthe von x, y, z... durch Elimination finden wird.

Indem wir nun zu den Anwendungen dieser allgemeinen Vorschriften übergehen, ist es unsere Absicht, die Sache für den *praktischen Gebrauch* gleich so zu stellen, dafs man sie, wie z. B. die bekannten und tabellarisch zusammengestellten Formeln der sphärischen Trigonometrie, für jeden vorliegenden speciellen Fall hier nehmen und unmittelbar anwenden kann[1].

III. Bestimmung einer einzelnen Beobachtungsgröfse.

Betrachten wir zuerst den einfachen Fall, wo man durch wiederholte Beobachtungen eine einzige bestimmte Gröfse sucht, z. B. die Polhöhe eines Ortes, die Rectascension eines Gestirns, die Ausdehnung eines gegebenen Körpers durch die Wärme u. dgl.

Seyen x, x_1, x_2... die durch diese einzelnen Beobachtungen unmittelbar erhaltenen Gröfsen. Sind diese Beobachtungen alle von gleichem Werthe, so dafs man in Beziehung auf ihre Güte und Genauigkeit keinen weitern Unterschied unter ihnen machen kann, so ist der wahrscheinlichste Werth dieser Gröfsen, den wir durch X bezeichnen wollen, gleich dem *arithmetischen Mittel* derselben, oder es ist

---

1 Die Beweise der aufgestellten Formeln würden zu viel Raum für einen einzelnen Artikel einnehmen, daher wir für diese Beweise auf die folgenden Quellen verweisen, in welchen sich die Gründe für die hier angezeigten Verfahren umständlich auseinandergesetzt finden werden. Gauss Theoria motus cet. Lib. II. Sect. III. Desselben Aufsatz in Lindenau's Zeitschrift für Astronomie Bd. I. S. 185; desselben Disquisitio de elementis Palladis in den Comment. Goetting. Vol. I. 1808—1811; desselben Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae in den Comment. Götting. von den Jahren 1821—1823 Vol. I et II. mit dessen Supplementum, Götting. 1828 zu der letztgenannten Abhandlung. Laplace Théorie analytique de la probabilité. Legendre, nouvelle méthode pour la détermination des orbites des comètes. Paris 1806. Pauckeb, über die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme. Mitau 1819. Encke, Berliner astronomisches Jahrbuch für 1834. Seite 249 u. f.

$$X = \frac{x + x_1 + x_2 + x_3 + \ldots}{N} = \frac{1}{N} \cdot \Sigma \cdot x$$

wenn N die Anzahl der Beobachtungen bezeichnet. Es sey ε der Unterschied zwischen diesem wahrscheinlichsten We X unserer Gröfsen und zwischen dem unmittelbaren Resul x der ersten Beobachtung, oder es sey

$$\varepsilon = X - x,$$

und ebenso habe man auch

für die zweite Beobachtung ... $\varepsilon_1 = X - x_1$
für die dritte – ... $\varepsilon_2 = X - x_2$
für die vierte – ... $\varepsilon_3 = X - x_3$ u. s. w

1) Man kann diese Gröfsen ε, ε_1, ε_2 .. als die Fehler einzelnen Beobachtungen ansehn. Bezeichnet man dann wi der Kürze wegen die Summe der Quadrate ε^2, ε_1^2, ε_2^2, ε_3^2 durch $\Sigma \cdot \varepsilon^2$, so dafs man hat

$$\Sigma \cdot \varepsilon^2 = \varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots,$$

so heifst die Gröfse

$$P = \frac{N^2}{2\,\Sigma \cdot \varepsilon^2}$$

das *Gewicht* (*Pondus*) jener Bestimmung von X oder Gewicht dieses wahrscheinlichsten Werthes X von allen Gröfsen x, x_1, x_2 u. s. f. Man sieht schon aus dem blofs Anblicke dieses Ausdrucks von P, dafs dieses Gewicht d gröfser seyn wird, je gröfser erstens die Anzahl der Beoba tungen ist, und je kleiner zweitens die Fehler ε, ε_1, ε_2 .. einzelnen Beobachtungen, d. h. je genauer diese Beobachtun selbst seyn werden, wie dieses der Natur der Sache vollkomm gemäfs ist.

2) Es sey nun F der *wahrscheinliche Fehler*, den m bei dieser Bestimmung von X begangen hat. Dieser Fehler derjenige, von dem es gleich wahrscheinlich ist, ihn begang oder auch ihn nicht begangen zu haben. Für diesen wal scheinlichsten Fehler hat man den Ausdruck

$$F = \frac{0{,}4769363}{\sqrt{P}}.$$

Wollte man nämlich das Gewicht P als Einheit annehmen, würde der wahrscheinliche Fehler F, wie diese Gleichung zei constant und gleich 0,4769363 oder nahe gleich $\frac{1}{2}$, d. h. na gleich der Hälfte des Gewichts seyn. Wir werden weiter u

ten, aus der ersten der dort anzuführenden Tafeln sehen, dafs die Wahrscheinlichkeit, dafs der Fehler F zwischen den beiden Grenzen $\pm \frac{0{,}4769363}{\sqrt{P}}$ liege, gleich $\frac{1}{2}$, also auch gleich dem Gegentheile ist, oder dafs man 1 gegen 1 wetten kann, dafs der Fehler F zwischen diesen beiden Grenzen liege.

3) Es giebt aber noch einen andern hier zu betrachtenden Fehler, den wir durch Φ bezeichnen und den *mittleren* Fehler nennen wollen. Dieser mittlere Fehler ist die Summe der Producte jedes Fehlers der einzelnen Beobachtungen in seine Wahrscheinlichkeit. Dieser mittlere Fehler Φ, den man bei der obigen Bestimmung von X begangen hat, wird durch den Ausdruck dargestellt

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}} = \frac{0{,}282095}{\sqrt{P}},$$

wo $\pi = 3{,}14159\ldots$ die Ludolph'sche Zahl bezeichnet. Diese beiden Fehler haben also zu einander ein constantes Verhältnifs, und es ist

$$\Phi = 0{,}59147\ F \text{ oder } F = 1{,}69069\ \Phi.$$

4) Diese beiden Fehler F und Φ beziehen sich auf das Resultat X, welches letzte man z. B. durch Hülfe des arithmetischen Mittels aus den einzelnen Beobachtungen erhalten hat. Allein wie F der wahrscheinliche Fehler dieses Resultats X aus allen Beobachtungen ist, so könnte man auch nach dem wahrscheinlichen Fehler f einer jeden einzelnen dieser Beobachtungen selbst fragen. Die folgende Formel giebt diesen *wahrscheinlichen Fehler jeder einzelnen Beobachtung*

$$f = 0{,}4769363\sqrt{\frac{N}{P}}$$

oder auch

$$f = F\,.\,\sqrt{N},$$

wo wegen des Wurzelzeichens die Gröfse f immer mit dem doppelten Zeichen $\pm$ verstanden wird.

Dieses ist also der wahrscheinlichste Fehler jeder einzelnen Beobachtung. Allein der *wirklich statt habende Fehler* jeder Beobachtung wird, der Natur der Sache nach, gröfser oder auch kleiner seyn können. Wenn z. B. der wahrscheinlichste Fehler einer beobachteten Polhöhe $f = \pm 3$ Secunden ist, so wird der wirklich statthabende Fehler dieser Beobachtung vielleicht

4 oder auch 5 Secunden seyn können, aber nicht leicht wir
z. B. auf 10 Secunden steigen, und ganz unwahrscheinlich
völlig unmöglich wird es uns gleich bei dem ersten Anbl
dieser Reihe von Beobachtungen erscheinen, dafs der Fe
von irgend einer derselben eine ganze Minute oder noch n
betrage. Kurz, der wirklich statt habende Fehler jeder einze
Beobachtung wird wohl gröfser als f seyn können, abe
wird doch zwischen gewissen Grenzen zu beiden Seiten di
Gröfse f eingeschlossen seyn, über die er nicht heraustr
kann. Auch diese *Grenzen des wirklich statt habenden I
lers* jeder einzelnen Beobachtung giebt die Wahrscheinlichke
rechnung an; diese Grenzen sind nämlich

$$f.\left(1+\frac{0{,}4769363}{\gamma N}\right) \text{ oder auch } F.(0{,}4769363+\gamma N)$$

wo wieder γN mit den doppelten Zeichen genommen wer
mufs. Dieser letzte Ausdruck ist also so zu verstehen, dafs
wirklich statt habende Fehler jeder einzelnen Beobachtung z
schen die beiden Grenzen

$$F(0{,}4769363+\gamma N) \text{ und } F(0{,}4769363-\gamma N)$$

fallen wird, oder dafs man 1 gegen 1 wetten kann, dafs
wahre Werth von f zwischen diese beiden Gröfsen fallen m

5) Man könnte aber auch ganz allgemein nach der W
scheinlichkeit w fragen, dafs eine der bisher bestimmten G
fsen (z. B. der mittlere Fehler Φ des Resultats X) zwisc
zwei andere willkürliche Grenzen falle, z. B. zwischen die
den Grenzen $\pm \frac{r}{\gamma P}$, wo $P=\frac{N^2}{2\Sigma.\varepsilon^2}$ wieder das
wicht jener Bestimmung von X und r irgend eine willk
liche Gröfse bezeichnet. Diese Wahrscheinlichkeit w wird
durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$w=\frac{2}{\gamma\pi}\int_0^r e^{-r^2}\partial r,$$

wo $e=2{,}71828$ die Basis der natürlichen Logarithmen
wo das Integral von $r=0$ bis r genommen wird. Dieses
tegral, welches bei höheren physikalischen und astronomisc
Untersuchungen öfter vorkommt, verdient einige nähere Betra
tungen.

Zuerst bemerke man die zwei folgenden speciellen F
Wenn das Integral von $r=0$ bis $r=\infty$ genommen wird,
hat man

$$\int_0^{\infty} e^{-r^2} \partial r = \tfrac{1}{2}\sqrt{\pi} = 0{,}8862269,$$

und wenn es von $r = -\infty$ bis $r = +\infty$ genommen wird, so ist

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-r^2} \partial r = \sqrt{\pi} = 1{,}7724538.$$

Ueberhaupt aber hat man, wenn r kleiner als die Einheit ist,

$$\int_0^r e^{-r^2} \partial r = r - \frac{r^3}{3} + \frac{1}{1.2}\cdot\frac{r^5}{5} - \frac{1}{1.2.3}\cdot\frac{r^7}{7} + \frac{1}{1.2.3.4}\cdot\frac{r^9}{9} - \ldots$$

oder auch

$$\int_0^r e^{-r^2} \partial r = \frac{r}{e^{r^2}}\left[1 + \frac{2r^2}{1.3} + \frac{(2r^2)^2}{1.3.5} + \frac{(2r^2)^3}{1.3.5.7} + \ldots\right]$$

Ist aber r gröfser als die Einheit, so wird man dieses Integral durch folgende Reihe ausdrücken:

$$\int_0^r e^{-r^2} \partial r = \tfrac{1}{2}\sqrt{\pi} - \frac{1}{2r.e^{r^2}}\cdot\left[1 - \frac{1}{2r^2} + \frac{1.3}{(2r^2)^2} - \frac{1.3.5}{(2r^2)^3} + \frac{1.3.5.7}{(2r^2)^4} - \ldots\right]$$

Man kann den vorhergehenden Ausdruck von

$$w = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-r^2} \partial r$$

als die Area ABMP einer transcendenten Curve m BM darstellen, deren Abscisse $AP = r$ und deren darauf senkrechte Ordinate $PM = y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} . e^{-r^2}$ ist. Fig. 88.

Es ist nämlich überhaupt

$$e^{-r^2} = 1 - r^2 + \frac{r^4}{1.2} - \frac{r^6}{1.2.3} + \frac{r^8}{1.2.3.4} - \ldots,$$

also ist auch die Ordinate jener krummen Linie

$$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} . e^{-r^2} = 1{,}12838\left[1 - r^2 + \frac{r^4}{1.2} - \frac{r^6}{1.2.3} + \ldots\right]$$

und daher die Area ABMP derselben

$$\int y \partial r = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-r^2} \partial r.$$

Die folgende kleine Tafel giebt die Ordinate y dieser Curve für mehrere Werthe von der Abscisse r derselben.

Tafel I.

r	$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-r^2}$
0,0	1,12838
0,1	1,10716
0,2	1,08412
0,3	1,03124
0,4	0,96154
0,5	0,87878
0,6	0,78724
0,7	0,69128
0,8	0,59498
0,9	0,50196
1,0	0,41510
1,5	0,11894
2,0	0,02066
2,5	0,00218
3,0	0,00014
3,5	0,00001

Man sieht, dafs die Abscissenaxe pAP zugleich die A tote der Curve ist. Für eine unendlich grofse Abscisse die Fläche dieser Curve gleich

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^\infty e^{-r^2} \partial r = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2} = 1,$$

also die ganze Fläche von AB zu beiden Seiten ins Unen gleich der Einheit. Wichtiger noch für den Gebrauch Ausdrücke ist eine Tafel, die w durch r oder umgekehrt Die obige Formel

$$w = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-r^2} \partial r$$

wird, wenn man in ihr statt des Integrals die oben aufg ten Reihen substituirt, folgende Tafel geben.

Tafel II.

w	r	$\frac{w}{1-w}$
0,5	0,4769363	1,000000
0,6	0,5951161	1,5000000
0,7	0,7328691	2,3333333
0,8	0,9061939	4,0000000
0,8427008	1,0000000	5,3572874
0,9	1,1630872	9,0
0,99	1,8213864	99,0
0,999	2,3276754	999,0
0,9999	2,7510654	9999,0
1,00000	∞	∞

Diese Tafel zeigt z. B., dafs die Wahrscheinlichkeit, dafs der Fehler Φ zwischen den Grenzen $\pm \frac{1}{\gamma P}$ liege, gleich $w = 0{,}8427008$ ist, und dafs also auch die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils, dafs Φ nicht zwischen diesen zwei Grenzen liege, gleich $1 - w = 0{,}1572992$ ist, so dafs man daher die Gröfse w gegen 1—w, oder dafs man die Gröfse $\frac{w}{1-w} = 5{,}3572874$ gegen die Einheit wetten darf, dafs der Fehler Φ in der That zwischen den Grenzen $\pm \frac{1}{\gamma P}$ liege, oder mit andern Worten, dafs der Fehler Φ kleiner als $\frac{1}{\gamma P}$ ist. Ebenso kann man 9999 gegen 1 (oder in runder Zahl 10000 gegen 1) wetten, dafs der Fehler Φ kleiner als $\frac{2{,}7510654}{\gamma P}$ ist; aber man darf nur 4 gegen 1 wetten, dafs er kleiner als $\frac{0{,}9061939}{\gamma P}$ ist u. s. w.

Wenn man diese Tafel interpolirt und dann umkehrt, so findet man daraus die folgende Tabelle, welche die Gröfsen $w = \frac{2}{\gamma\pi}\int_0^r e^{-r^2}\,\partial r$ und $\frac{w}{1-w}$ durch die bekannte oder gegebene Gröfse r ausdrückt.

Tafel III.

r	w	$\frac{w}{1-w}$
0,0	0,000000	0,000000
0,1	0,112463	0,126714
0,2	0,222702	0,286508
0,3	0,328626	0,489483
0,4	0,428392	0,749451
0,5	0,520500	1,085501
0,6	0,603856	1,524336
0,7	0,677801	2,103672
0,8	0,742101	2,877487
0,9	0,796908	3,923876
1,0	0,842700	5,357279
1,1	0,880205	7,347593
1,2	0,910314	10,150012
1,3	0,934008	14,153352
1,4	0,952285	19,957770
1,5	0,966105	28,502876
1,6	0,976348	41,279723
1,7	0,983790	60,690315
1,8	0,989090	90,659029
1,9	0,992790	137,696255
2,0	0,995322	212,766139
2,1	0,997024	335,021505
2,2	0,998140	536,634409
2,3	0,998860	876,192982
2,4	0,999314	1456,725947
2,5	0,999598	2486,562438
2,6	0,999768	4309,344828
2,7	0,999870	7691,307692
2,8	0,999928	13887,888888
2,9	0,999962	26314,789474
3,0	0,999982	55555,0
3,1	0,999992	124999,0
3,2	0,999998	499999,0
3,3	0,999999	999999,0

Diese Tafel ist so zu verstehen: dafs der Fehler Φ li

zwischen den Grenzen	dafür ist die Wahrscheinlichkeit	und dafür kann man wetten gegen die Einheit
$\pm \frac{0,1}{\sqrt{P}}$	0,112	0,127
$\pm \frac{0,5}{\sqrt{P}}$	0,520	1,085
$\pm \frac{1}{\sqrt{P}}$	0,843	5,357
$\pm \frac{2}{\sqrt{P}}$	0,995	213,0
$\pm \frac{3}{\sqrt{P}}$	0,999982	55555,0 u. s. w.

6) Wenden wir nun das Vorhergehende auf ein numerisches Beispiel an, um dadurch den praktischen Gebrauch der bisher aufgestellten Ausdrücke deutlicher zu machen. Nehmen wir an, man habe z. B. für die Polhöhe von Wien in zehn auf einander folgenden, im Allgemeinen gleich guten Beobachtungen die Resultate gefunden:

x	$= 48°12' 35,''2$	x_5	$= 48°12' 34'',7$
x_1	$= 34,6$	x_6	$= 35,4$
x_2	$= 35,4$	x_7	$= 34,8$
x_3	$= 35,0$	x_8	$= 35,6$
x_4	$= 34,2$	x_9	$= 35,2$

Das arithmetische Mittel dieser Gröfse ist

$$X = 48° 12' 35'',01 = \frac{1}{N} . \Sigma x$$

und diesen Werth X wollen wir als den wahrscheinlichsten Werth der Polhöhe jenes Orts annehmen, der aus diesen zehn Beobachtungen hervorgeht. Es sind aber die Differenzen dieses Resultats X von den einzelnen Beobachtungen

$X - x$ oder $\varepsilon = 35,01 - 35,2$ oder

ε	$= -0,19$ und deren	ε^2	$= 0,0361$
ε_1	$= 0,41$ Quadrate	ε_1^2	$= 0,1861$
ε_2	$= -0,39$	ε_2^2	$= 0,1521$
ε_3	$= 0,01$	ε_3^2	$= 0,0001$
ε_4	$= 0,81$	ε_4^2	$= 0,6561$
ε_5	$= 0,31$	ε_5^2	$= 0,0961$
ε_6	$= -0,39$	ε_6^2	$= 0,1521$
ε_7	$= 0,21$	ε_7^2	$= 0,0441$
ε_8	$= -0,59$	ε_8^2	$= 0,3481$
ε_9	$= -0,19$	ε_9^2	$= 0,0361$
		$\Sigma . \varepsilon^2$	$= 1,7070$

Dieses vorausgesetzt ist das Gewicht P der vorhergehe
Bestimmung von X (nach §. 1) gleich

$$P = \frac{N^2}{2\Sigma.\varepsilon^2} = 29{,}291 \text{ und } \sqrt{P} = 5{,}4121\,; \frac{1}{\sqrt{P}} = 0{,}18$$

Der wahrscheinlichste Fehler F dieses Resultats X ist (nach

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}} = \pm\, 0'',0881.$$

Der mittlere zu befürchtende Fehler Φ desselben Res
ist (nach §. 3)

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}} = \pm\, 0'',0521.$$

Endlich der wahrscheinliche Fehler f jeder einzelnen
obachtung selbst (nach §. 4)

$$f = 0{,}47694\,\sqrt{\frac{N}{P}} = \pm\, 0'',2787$$

und die wahrscheinliche Grenze dieses letzten Fehlers ist

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N}}\right) = 0{,}2787 \pm 0{,}0420$$

oder diese beiden Grenzen sind 0,3207 und 0,2367.

Man kann daher sagen, dafs mit diesem Instrumente,
übrigens gleichen Umständen, jede einzelne Beobachtung d
Art dem wahrscheinlichen Fehler f = 0″,28 unterworfen
und dafs dieser Fehler in der Ordnung nicht gröfser als (
und nicht kleiner als 0″,24 seyn wird.

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit w, dafs die (
zen $\partial\Phi$ des mittlern zu befürchtenden Fehlers die Gröfse

$$\partial\Phi = \pm\frac{r}{\sqrt{P}}$$

nicht übersteigen, oder dafs der mittlere Fehler nicht gröfs
$\frac{r}{\sqrt{P}}$ sey, wo r irgend eine willkürliche Gröfse bezeich
Darauf sind die Antworten folgende. Ist r = 0,476936,

$$\partial\Phi = \frac{0{,}476936}{5{,}4121} = 0{,}0881,$$

und da zu diesem r in der vorletzten Tafel II. der Werth w =
oder $\frac{w}{1-w} = 1$ gehört, so ist die Wahrscheinlichkeit,
der Fehler $\partial\Phi$ nicht gröfser als 0″,0881 sey, gleich 0,5,
man kann 1 gegen 1 wetten, dafs der Fehler, den man i
obigen Bestimmung von X begangen hat, nicht gröfse

…el ist. Auch ist zuvor schon der wahrscheinlichste Feh-
…r F des Resultats X gleich derselben Gröfse 0,0881 ge-
…nden worden, wie es aus der Natur der Sache folgt.

…=1 giebt dieselbe Tafel (II) .. $w = 0{,}8427$ und $\frac{w}{1-w} = 5{,}35729$

und $\partial . \Phi = \frac{1}{5{,}4121} = 0{,}1848$.

…= 2,32767 hat man $w = 0{,}999$, $\frac{w}{1-w} = 999$ und

$\partial . \Phi = \frac{2{,}32767}{5{,}4121} = 0{,}4301$.

…folgt aus der letzten Tafel (III), dafs

…=0,5 giebt $\partial . \Phi = \frac{0{,}5}{5{,}4121} = 0{,}0924$, $w = 0{,}5205$ und

$\frac{w}{1-w} = 1{,}085$.

…=1 erhält man ebenso $\partial . \Phi = 0{,}1848$ und $\frac{w}{1-w} = 5{,}357$,

…=2 — — — $\partial . \Phi = 0{,}3695$ und $\frac{w}{1-w} = 212{,}766$,

…e die letzte Zeile sagt: dafs der mittlere Fehler Φ, den
…n gleich $\pm 0'',0521$ gefunden haben, zwischen die bei-
…den $\pm 0{,}3695$ falle, davon ist die Wahrscheinlichkeit
…963 oder schon sehr nahe gleich 1, das heifst, gleich
…wifsheit, daher man auch 213 gegen 1 wetten kann, dafs
…e Fall eintreten werde.

…Obschon die vorhergehenden Rechnungen selbst dem
…ten nicht beschwerlich fallen können, so lassen sie
…sich noch für die Ausübung etwas bequemer machen,
…dadurch den Resultaten F, f und Φ bedeutenden Abbruch zu
…. Man kann nämlich statt der bisher gebrauchten Summe der
…te den Fehler $\Sigma . \varepsilon^2 = \varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \ldots$ auch die Sum-
…dieser Fehler selbst, oder die Gröfse

$$\Sigma . \varepsilon = \varepsilon + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots$$

…en, wo aber dann alle diese Gröfsen ε, ε_1, ε_2 ...
…*positiv* angenommen werden müssen. Dieses voraus-
…findet man für den wahrscheinlichen Fehler f jeder ein-
…Beobachtung den genäherten Ausdruck

$$f = 0{,}84535\,\frac{\Sigma.\varepsilon}{N}.$$

In unserm Beispiele ist $\Sigma.\varepsilon = 3{,}50$, also auch

$$f = 0{,}296.$$

Setzt man also jene beiden Ausdrücke von f einander gl so erhält man

$$0{,}84535\,\frac{\Sigma.\varepsilon}{N} = 0{,}47694\,\sqrt{\frac{N}{P}},$$

oder man erhält für das Gewicht P den Ausdruck

$$P = 0{,}31831\,\frac{N^3}{(\Sigma.\varepsilon)^2}.$$

Ist aber so P gefunden, so hat man, wie zuvor, die gen ten Werthe

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}},$$

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}},$$

$$f = 0{,}47694\,\sqrt{\frac{N}{P}},$$

und endlich für die wahrscheinlichen Grenzen von f erhäl den Doppelausdruck

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N}}\right).$$

In unserm Beispiele ist, wenn alle ε positiv genommen den, $\Sigma.\varepsilon = 3{,}50$, also ist auch

$$P = 25{,}984;\quad F = 0{,}094;\quad \Phi = 0{,}055$$

und $f = \pm 0{,}296$, so wie die Grenzen von f

0,341 und 0,251,

welche Werthe nur unbeträchtlich von denen des §. 6 weichen.

8) In dem Vorhergehenden haben wir die einzelnen l achtungen ohne Unterschied von gleicher Güte vorausg allein man hat zuweilen Ursache, eine von mehrern Beo tungen für etwa nur halb oder auch doppelt so gut, al andern zu halten. Nehmen wir also allgemein an, dafs

c der Werth der ersten Beobachtung,
c_1 - - - zweiten —
c_2 - - - dritten — sey u. s. w.,

wo also, wenn z. B. $c=1$; $c_1=2$; $c_2=3$ wäre, die 2te Beobachtung zweimal, die 3te dreimal besser angenommen wird, als die erste. Dieses vorausgesetzt hat man, wie die Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigt, für den wahrscheinlichsten Werth X nicht mehr, wie zuvor, das arithmetische Mittel, sondern vielmehr folgende Gröfse zu nehmen:

$$X=\frac{c^2x+c_1^2x_1+c_2^2x_2+c_3^2x_3+\ldots}{c^2+c_1^2+c_2^2+c_3^2+\ldots}=\frac{\Sigma.c^2x}{\Sigma.c^2}.$$

Sucht man dann wieder die Gröfsen

$$\varepsilon=X-x;\quad \varepsilon_1=X-x_1;\quad \varepsilon_2=X-x_2 \text{ u. s. w.},$$

und setzt man

$$\Sigma.c^2\varepsilon^2=c^2\varepsilon^2+c_1^2\varepsilon_1^2+c_2^2\varepsilon_2^2+\ldots,$$

so erhält man, wie zuvor, für P, F, Φ und f die Ausdrücke

$$P=\tfrac{1}{2}N.\frac{\Sigma.c^2}{\Sigma.c^2\varepsilon^2};\quad \Phi=\frac{0{,}282095}{\sqrt{P}}$$

$$F=\frac{0{,}47694}{\sqrt{P}};\quad G=\sqrt{\Sigma.c^2}$$

und

$$f=0{,}47694\sqrt{\frac{\Sigma.c^2}{P}}$$

und endlich für die wahrscheinlichsten Grenzen dieses letzten Fehlers f jeder einzelnen Beobachtung

$$f\left(1\pm\frac{0{,}47694}{\sqrt{\Sigma.c^2}}\right).$$

In diesen Ausdrücken bezeichnet aber f nicht, wie zuvor, den wahrscheinlichen Fehler jeder einzelnen, sondern nur derjenigen Beobachtung, deren entsprechendes c gleich der Einheit ist, so wie auch die Gröfse G die Genauigkeit des Resultats X unter der Voraussetzung bezeichnet, dafs die Genauigkeit jeder einzelnen Beobachtung als Einheit angenommen wird. Der mit den obigen übereinstimmende Fehler jeder einzelnen Beobachtung überhaupt ist nämlich hier bei

der 1sten Beobachtung $f_0 = \frac{f}{c}$,

- 2ten — — $f_1 = \frac{f}{c_1}$,

- 3ten — — $f_2 = \frac{f}{c_2}$ u. s. w.

Setzt man in diese Ausdrücke $c = c_1 = c_2 \ldots = 1$, $\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = \Sigma \varepsilon^2$ und $\Sigma . c^2 = N$, und man erhält dann di gen Ausdrücke unverändert wieder.

Seyen, um auch dieses auf ein Beispiel anzuwender drei beobachteten Polhöhen

$x = 48° 12' 33''$ und der Werth dieser Beob. .. $c = 1$
$x_1 = 48\ 12\ 34$ - - - - - .. $c_1 = 2$
$x_2 = 48\ 12\ 35$ - - - - - .. $c_2 = 3$

so hat man

$c^2 x = 33$	$c^2 = 1$
$c_1^2 x_1 = 136$	$c_1^2 = 4$
$c_2^2 x_2 = 315$	$c_2^2 = 9$
$\Sigma . c^2 x = 484$	$\Sigma . c^2 = 14.$

Mit diesen Zahlen erhält man

$$X = \frac{\Sigma . c^2 x}{\Sigma . c^2} = 34{,}571$$

und

$\varepsilon = X - x = 1{,}571$	$c^2 \varepsilon^2 = 2{,}468$
$\varepsilon_1 = X - x_1 = 0{,}571$	$c_1^2 \varepsilon_1^2 = 1{,}304$
$\varepsilon_2 = X - x_2 = -0{,}429$	$c_2^2 \varepsilon_2^2 = 1{,}656$
	$\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = 5{,}428$

so dafs man daher hat

$X = 34'',571$	$F = 0{,}240$
$P = 3{,}959$	$G = 3{,}742$
$\Phi = 0{,}142$	$f = 0{,}415$

und für die einzelnen Beobachtungen hat man die wahrsc lichen Fehler

$$\frac{f}{c} = 0{,}415 \text{ für die Ste Beobachtung}$$

$$\frac{f}{c_1} = 0{,}207 \text{ - - IIte - -}$$

$$\frac{f}{c_2} = 0{,}138 \text{ - - IIIte - -}$$

Da nun überhaupt $\frac{1}{\gamma P} = 0{,}50258$ ist, so kann man, nach der Tafel III, die Gröfse 5,357 gegen 1 wetten, dafs der Fehler Φ kleiner als $\frac{1}{\gamma P} = 0'',5026$ ist, und 213 gegen 1, dafs dieser Fehler kleiner als $\frac{2}{\gamma P} = 1'',005$, und endlich 9999 gegen 1, dafs er kleiner als $\frac{2{,}32767}{\gamma P} = 1'',17$ ist u. s. w. Hätte man in diesem Beispiele $c = c_1 = c_2 = 1$ genommen, so würde man (nach §. 1 — 5) erhalten haben,

$$X = \frac{\Sigma . x}{N} = 34'',00 \qquad \Sigma . \varepsilon^2 = 2$$

$$P = 2{,}25; \quad \Phi = 0{,}188; \quad F = 0{,}318;$$
$$G = 1{,}732 \text{ und } f = 0{,}551.$$

IV. Auflösung der Gleichungen mit einer einzigen unbekannten Gröfse durch die Methode der kleinsten Quadrate.

Einer der gewöhnlichsten Fälle bei Beobachtungen oder Experimenten ist der, wo man eine Gröfse, deren Werth man schon beinahe kennt oder für die man bereits eine genäherte Formel hat, durch eine Anzahl von Beobachtungen noch genauer bestimmen will. So hat man, um dieses sogleich durch ein einfaches Beispiel deutlich zu machen, für den Höhenunterschied H in Toisen von zwei Orten, an welchen man die Barometerhöhen b und b′ beobachtet hat, den bekannten Ausdruck

$$H = 9437 \text{ Log. } \frac{b}{b'},$$

wenn man die kleinen Correctionen wegen der Temperatur und der Polhöhe hier der Kürze wegen wegläfst. Da nun dieser

Factor 9437, von welchem die Höhenbestimmungen mit Barometer vorzüglich abhängen, noch keineswegs ganz g bekannt ist, so wollen wir die noch unbekannte Verbesse desselben durch x bezeichnen, so dafs also der eigent Werth dieses Factors gleich 9437 + x jene strenge F gleich

$$H = (9437 + x) \text{ Log. } \frac{b}{b'}$$

seyn soll. Beobachtet man nun in der That an zwei Orte Barometerhöhen b und b', und kennt man zugleich aus an unmittelbaren, z. B. aus trigonometrischen Messungen die w Höhendifferenz dieser beiden Orte, die wir h nennen w so wird man, da auch

$$(9437 + x) \text{ Log. } \frac{b}{b'}$$

diese wahre Höhendifferenz ausdrückt, die Gleichung habe

$$h = (9437 + x) \text{ Log. } \frac{b}{b'}$$

oder, da bereits oben $H = 9437 \text{ Log. } \frac{b}{b'}$ gefunden war,

$$h = H + x \text{ Log. } \frac{b}{b'},$$

oder

$$(h - H) - x \text{ Log. } \frac{b}{b'} = 0,$$

und da in dieser Gleichung blofs die unbekannte Gröfse x kommt, so wird man sie durch diese Gleichung selbst best men und so den gesuchten Werth 9437 + x jenes Fa erhalten können.

Allein das Resultat h jener trigonometrischen Messung w da es doch wieder nur aus einer Beobachtung abgeleitet ebenfalls als nicht ganz genau angesehn werden können. N men wir an, der übrigens noch unbekannte Fehler dieser gonometrischen Messung sey = ε, so dafs also eigent h + ε der wahre Werth jenes Höhenunterschiedes seyn s Unter dieser Voraussetzung wird die obige Gleichung in folgende übergehn:

$$(h + \varepsilon - H) - x \text{ Log. } \frac{b}{b'} = 0,$$

…, wenn man der Kürze wegen die Differenz der durch Trigonometrie und durch das Barometer erhaltenen Höhen, d. h. wenn man die Differenz $h - H = \delta$ setzt,

$$\delta + \varepsilon - x \,\text{Log.}\, \frac{b}{b'} = 0.$$

In dieser Gleichung wird der Factor $\text{Log.}\, \frac{b}{b'}$ irgend eine, aus den Barometerbeobachtungen hervorgegangene Zahl seyn, die wir der Kürze wegen durch a bezeichnen wollen, so dafs man also hat

$$\varepsilon = ax - \delta,$$

wo diese ist also die *Bedingungsgleichung* der ersten Beobachtung, in welcher demnach a und δ bekannte Gröfsen, x die zu suchende Correction und ε endlich der noch unbekannte Fehler dieser ersten Beobachtung ist. Eine zweite und dritte Beobachtung wird ganz ebenso die Bedingungsgleichungen geben

$$\varepsilon_1 = a_1 x - \delta_1,$$
$$\varepsilon_2 = a_2 x - \delta_2 \text{ u. s. w.},$$

Es wird nun darauf ankommen, denjenigen Werth der Gröfse x zu finden, der allen diesen Bedingungsgleichungen am besten entspricht, d. h. denjenigen Werth X, für welchen die Summe der Quadrate aller Beobachtungsfehler ε, ε_1, ε_2, ε_3 … ein Kleinstes ist. Dieser Bedingung wird aber durch die Gleichung

$$\partial.(\varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots) = 0$$

Genüge geschehen. Substituirt man in ihr die vorhergehenden Werthe von ε, ε_1, ε_2 …, so hat man

$$\partial.(ax-\delta)^2 + \partial.(a_1 x - \delta_1)^2 + \partial.(a_2 x - \delta_2)^2 + \ldots = 0,$$

also auch

$$x(a^2 + a_1^2 + a_2^2 + \ldots) - (a\delta + a_1\delta_1 + a_2\delta_2 + \ldots) = 0,$$

oder endlich, wenn man wieder die oben eingeführten Summenzeichen gebraucht,

$$x.\Sigma.a^2 - \Sigma.a\delta = 0,$$

so dafs also der gesuchte wahrscheinlichste Werth von x

$$X = \frac{\Sigma.a\delta}{\Sigma.a^2}$$

seyn wird, wo man hat

$$\Sigma.a\delta = a\delta + a_1\delta_1 + a_2\delta_2 + \ldots,$$
$$\Sigma.a^2 = a^2 + a_1^2 + a_2^2 + \ldots$$

Hat man so den wahrscheinlichsten Werth X der Gröfse z
funden, so wird man die Gröfsen P, Φ, F, f und G im
gemeinen durch die den obigen ganz ähnlichen Ausdrück
stimmen können. Setzt man nämlich

$$\Sigma.\varepsilon^2 = (aX - \delta)^2 + (a_1X - \delta_1)^2 + (a_2X - \delta_2)^2 + \ldots,$$

so findet man für das Gewicht P jener Bestimmung von X
Ausdruck

$$P = \tfrac{1}{2}N.\frac{\Sigma.a^2}{\Sigma.\varepsilon^2},$$

wo wieder N die Anzahl der Beobachtungen bezeichnet.
sieht man leicht, dafs man die Gröfse $\Sigma.\varepsilon^2$ einfacher durch
folgenden Ausdruck erhält:

$$\Sigma.\varepsilon^2 = \Sigma.\delta^2 - \frac{(\Sigma.a\delta)^2}{\Sigma.a^2}.$$

Kennt man so den Werth von P, so ist der mittlere zu
fürchtende Fehler Φ des Resultates X

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{nP}} = \frac{0{,}282095}{\sqrt{P}};$$

der wahrscheinliche Fehler dieses Resultats aber ist

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}}$$

und die Genauigkeit (Präcision) dieser Bestimmung des Re
tats, die Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen als Ein
angenommen, ist

$$G = \frac{f}{F} = \sqrt{\Sigma.a^2}.$$

Endlich ist der wahrscheinliche Fehler f jeder einzelnen Be
achtung selbst

$$f = 0{,}47694\sqrt{\frac{\Sigma.a^2}{P}}$$

und die wahrscheinlichen Grenzen derselben

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N}}\right).$$

Setzt man in diesen Ausdrücken von P, Φ, F und f die Grö

$a=a_1=a_2\ldots$ und δ, δ_1, δ_2 .. gleich x, x_1, x_2 .., wodurch $\Sigma a^2=a^2+a^2+a^2+\ldots=N$ wird, so erhält man die in Nr. III. gegebenen Ausdrücke wieder, wie es seyn soll.

Beispiel. Seyen aus den unmittelbaren Beobachtungen folgende fünf Bedingungsgleichungen gefunden worden:

$$1{,}50\,x-0{,}72=\varepsilon$$
$$1{,}46\,x-0{,}68=\varepsilon_1$$
$$1{,}52\,x-0{,}82=\varepsilon_2$$
$$1{,}43\,x-0{,}78=\varepsilon_3$$
$$1{,}48\,x-0{,}69=\varepsilon_4.$$

Hier ist also

$$a=1{,}50;\quad a_1=1{,}46 \text{ u. f.}$$
$$\delta=0{,}72,\quad \delta_1=0{,}68 \text{ u. f.}$$

also auch, wie man sofort findet,

$$\Sigma.a^2=10{,}9273;\quad \Sigma.\delta^2=2{,}7377;\quad \Sigma.a\delta=5{,}4558$$

und daraus folgt

$$\Sigma.\varepsilon^2=\Sigma\delta^2-\frac{(\Sigma.a\delta)^2}{\Sigma.a^2}=0{,}0137,$$

also auch

$$X=\frac{\Sigma.a\delta}{\Sigma.a^2}=0{,}4993;\quad P=1994{,}033.$$

Ferner hat man

$$\Phi=0{,}00632;\quad F=0{,}01068;\quad G=3{,}3056$$

und

$$f=0{,}03531,$$

so wie die Grenzen von f

$$0{,}04284 \text{ und } 0{,}02778.$$

Es ist daher die Wahrscheinlichkeit	oder man kann gegen die Einheit wetten	dafs Φ kleiner sey als
0,520	1,085	0,01119
0,843	5,357	0,0224
0,995	212,77	0,0448 u. f.

Das Vorhergehende setzt voraus, dafs die Werthe aller Bedingungsgleichungen unter sich gleich grofs sind. Ist aber von der Bedingungsgleichung

$$\varepsilon = ax - \delta \text{ der Werth } c$$
$$\text{von } \varepsilon_1 = a_1 x - \delta_1 \text{ — — } c_1$$
$$\text{von } \varepsilon_2 = a_2 x - \delta_2 \text{ — — } c_2 \text{ u. s. w.,}$$

so hat man für die Grösen X, P, Φ ... folgende Ausdr
wo wieder $\varepsilon = aX - \delta$, $\varepsilon_1 = a_1 X - \delta_1$ ... ist:

$$X = \frac{\Sigma . c^2 a \delta}{\Sigma . c^2 a^2}; \quad P = \tfrac{1}{2} N . \frac{\Sigma . c^2 a^2}{\Sigma . c^2 \varepsilon^2}; \quad F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}};$$

$$\Phi = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P}}; \quad G = \sqrt{\Sigma . c^2 a^2}; \quad f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{\Sigma . c^2 a^2}{P}}$$

und für die beiden Grenzen von f

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N.}}\right).$$

Setzt man in diesen Gleichungen $c = c_1 = c_2$ ... gleich Einheit, so ist $\Sigma . c^2 a \delta = \Sigma . a \delta$; $\Sigma . c^2 a^2 = \Sigma . a^2$ $\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = \Sigma . \varepsilon^2$ und man erhält die vorhin gegebenen Ausd wieder.

Beispiel. Seyen die drei gegebenen Bedingungsgleichu

$$2x - 2{,}5 = \varepsilon \text{ mit dem Werthe } c = 1$$
$$3x - 5{,}0 = \varepsilon_1 \text{ - - - } c_1 = 2$$
$$4x - 6{,}0 = \varepsilon_2 \text{ - - - } c_2 = 3,$$

so dafs also die zweite Beobachtung zweimal und die dreimal so gut, als die erste, angenommen wird.

Diese Gleichungen geben

$$\Sigma . c^2 a^2 = 184, \quad \Sigma . c^2 a \delta = 281,$$

also auch

$$X = \frac{\Sigma . c^2 a \delta}{\Sigma . c^2 a^2} = 1{,}52717.$$

Mit diesem Werthe von X erhält man

$$\varepsilon = aX - \delta = 3{,}05434 - 2{,}5 = 0{,}5543$$

und ebenso

$$\varepsilon_1 = -0{,}4184 \text{ und } \varepsilon^2 = 0{,}1088,$$

so dafs man daher hat

$$\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = 1{,}11413.$$

Dieses vorausgesetzt erhält man dann für die zu bestimmen Grösen

$P = 247{,}7263$, $F = 0{,}03030$, $\Phi = 0{,}01792$,
$G = 13{,}565$, $f = 0{,}41104$.

Es ist daher die Wahrscheinlichkeit	oder man kann gegen die Einheit wetten	daſs Φ kleiner sey als
0,520	1,085	0,0317
0,843	5,357	0,0635
0,995	213,0	0,1270.

Man kann aber auch den Fall, wo die einzelnen Bedingungsgleichungen ungleiche Werthe haben, unmittelbar auf den vorigen Fall, wo alle Werthe gleich sind, zurückbringen, und daher ganz nach den anfangs gegebenen Gleichungen rechnen, wenn man nur zuvor jede der gegebenen Bedingungsgleichungen durch ihren Werth von c, c_1, c_2 .. multiplicirt. So hat man in dem letzten Beispiele die neuen Bedingungsgleichungen

$$2x - 2{,}5 = \varepsilon$$
$$6x - 10{,}0 = \varepsilon_1$$
$$12x - 18{,}0 = \varepsilon_2,$$

wo die Werthe aller dieser Gleichungen unter sich dieselben sind. Behandelt man daher die so modificirten Beobachtungen nach den ersten Ausdrücken dieses Abschnittes, so erhält man

$$\Sigma.a^2 = 184; \quad \Sigma.\delta^2 = 430{,}25; \quad \Sigma.a\delta = 281,$$

also ist auch

$$X = \frac{\Sigma.a\delta}{\Sigma.a^2} = 1{,}52717,$$

$$\Sigma.\varepsilon^2 = \Sigma.\delta^2 - \frac{(\Sigma.a\delta)^2}{\Sigma.a^2} = 1{,}1142,$$

$$P = \tfrac{1}{2}N.\frac{\Sigma.a^2}{\Sigma.\varepsilon^2} = 247{,}7113; \quad \Phi = \frac{0{,}282095}{\gamma P} = 0{,}01792,$$

$$F = \frac{0{,}47694}{\gamma P} = 0{,}03030,$$

$$G = \gamma\,\Sigma.a^2 = 13{,}565$$

und

$$f = 0{,}47694\sqrt{\frac{\gamma\,\Sigma.a^2}{P}} = 0{,}41105,$$

welche Werthe auch mit den vorhergehenden genau überein-

stimmen. Noch hat man für die wahrscheinlichen Fehle
1sten, 2ten und 3ten Beobachtung

$$\frac{f}{c} = 0{,}411$$

$$\frac{f}{c_1} = 0{,}205$$

$$\frac{f}{c_2} = 0{,}137.$$

Man wird wohl nur selten im Stande seyn, die Werth
einzelnen Beobachtungen unter einander anzugeben und
dadurch gleichsam gegen einander abzuwägen. Aber oft fü
sich, dafs man bei einer grofsen Menge von Beobachtungen
selben in zwei, drei oder mehrere Gruppen theilt, indem
z. B. die Summe der ersten zehn Bedingungsgleichungen
die erste Gruppe, die Summe der folgenden zwanzig als
zweite Gruppe, die der nächstfolgenden dreifsig als die d
Gruppe ansieht u. s. f., wo man dann der ersten Gruppe
Werth $c = 10$, der zweiten den Werth $c_1 = 20$, der dr
den Werth $c_2 = 30$ u. s. w. geben kann, vorausgesetzt,
die ersten, ursprünglichen Beobachtungen, wie man doch
wöhnlich annehmen mufs, im Allgemeinen alle gleiche We
unter sich haben. Diese Gruppirungen haben auch noch
grofsen Vortheil für die Rechnung, dafs dadurch die An
der dieser Rechnung zu Grunde zu legenden Bedingungsg
chungen bedeutend kleiner und daher die Berechnung der
ben auch viel bequemer wird, besonders wenn, wie in
nun folgenden Abschnitten, *mehrere* unbekannte Gröfsen x
z ... durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung zu bestim
sind.

V. Auflösung der Gleichungen mit zwei un kannten Gröfsen durch die Methode der kle sten Quadrate.

Wir wollen nun zu solchen Beobachtungen übergehen,
welchen *zwei* unbekannte Gröfsen zugleich zu bestimmen si
Um den Gegenstand auch hier zuerst durch ein Beispiel zu
läutern, nehmen wir an, dafs man die wahre Länge A des

cundenpendels für irgend eine geographische Breite φ bestimmen soll. Der bekannte Ausdruck dafür ist

$$A = 439{,}23 + 2{,}39 \,\mathrm{Sin.}^2\varphi,$$

wo A in Pariser Duodecimallinien ausgedrückt wird. Allein die beiden numerischen Coefficienten 439,23 und 2,39 sind keineswegs als schon ganz genau anzusehn, vielmehr bedürfen sie noch einer gewissen Verbesserung, die man natürlich nur aus unmittelbaren Beobachtungen ableiten kann. Seyen diese verbesserten Werthe jener beiden Factoren

$$(439{,}23 + x) \text{ und } (2{,}39 + y).$$

Gesetzt man habe nun unter einer gegebenen Breite φ die Pendellänge durch eine unmittelbare Beobachtung gleich B gefunden. Diese Beobachtung ist aber, der Natur der Sache nach, auch nicht als ganz richtig anzusehn. Nehmen wir also an, dafs man eigentlich die wahre Pendellänge aus dieser Beobachtung gleich $(B + \varepsilon)$ hätte finden sollen, so dafs also ε den übrigens noch unbekannten Fehler dieser Beobachtung bezeichnet. Da nun sowohl $(B + \varepsilon)$ als auch

$$(439{,}23 + x) + (2{,}39 + y) \,\mathrm{Sin.}^2\varphi$$

den *wahren* Ausdruck der Pendellänge vorstellt, so wird man, wenn man diese zwei Ausdrücke einander gleich stellt, die Gleichung erhalten

$$(B + \varepsilon) = 439{,}23 + x + (2{,}39 + y) \,\mathrm{Sin.}^2\varphi.$$

Zieht man aber davon die bereits oben erhaltene Gleichung $A = 439{,}23 + 2{,}39 \,\mathrm{Sin.}^2\varphi$ ab, so erhält man

$$B - A + \varepsilon = x + y \,\mathrm{Sin.}^2\varphi,$$

oder auch, wenn man den Unterschied zwischen dem Resultate B der unmittelbaren Beobachtung und dem Resultate A der Berechnung gleich δ, oder wenn man $B - A = \delta$ setzt,

$$\varepsilon = x + y \,\mathrm{Sin.}^2\varphi - \delta,$$

und dieses ist also die gesuchte Bedingungsgleichung, die zu dieser ersten Beobachtung gehört. Wir wollen diese Bedingungsgleichung überhaupt so ausdrücken:

$$\varepsilon = ax + by - \delta.$$

Eine zweite Beobachtung an diesem oder auch an einem andern Orte giebt ebenso

$$\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y - \delta_1,$$

eine dritte

$$\varepsilon_2 = a_2 x + b_2 y - \delta_2 \text{ u. s. f.}$$

und es wird nun darum zu thun seyn, diejenigen Werth
x und y zu finden, die allen diesen Bedingungsgleichunge
besten genügen.

Bemerken wir aber zuerst, dafs hier, wie überall i
Wahrscheinlichkeitsrechnung, die Anzahl der Beobachtu
also auch, da jede Beobachtung eine Bedingungsgleichung
die Anzahl dieser Gleichungen *gröfser* vorausgesetzt wird,
die Anzahl der durch sie zu bestimmenden Gröfsen x, y,
dafs also, wie man zu sagen pflegt, das Problem *meh*
bestimmt (*plus quam determinatum*) seyn soll. Wäre nä
die Anzahl der Gleichungen *gleich* der Anzahl der unbek
ten Gröfsen, oder wäre die Aufgabe eine *bestimmte*, so
die Wahrscheinlichkeitsrechnung keine weitere Anwen
mehr. Hätte man z. B. für die Pendellänge nur die zwei
chungen

$$\varepsilon = ax + by - \delta$$

und

$$\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y - \delta_1,$$

so würde man diesen Gleichungen am besten oder eig
lich nur dann überhaupt Genüge thun, wenn man aus i
die beiden Gröfsen x und y auf dem gewöhnlichen Weg
Elimination bestimmte, da durch zwei Gleichungen zwei
bekannte Gröfsen immer vollkommen bestimmt werden.
endlich die Anzahl der Gleichungen sogar noch kleiner, al
Anzahl der unbekannten Gröfsen, so wäre die Aufgabe eine
genannte *unbestimmte*, in welcher man nämlich eine oder m
rere dieser unbekannten Gröfsen willkürlich oder gewissen
kürlichen Bedingungen gemäfs annehmen müfste, was offe
wieder dem Geiste der Wahrscheinlichkeitsrechnung fremd
In den Naturwissenschaften ist es aber eine Hauptvorschrift, d
Vervielfältigung der Beobachtungen und Versuche sich der
ligen Richtigkeit der aus ihnen abzuleitenden Resultate m
lichst zu nähern, so dafs man also, wie gesagt, in allen
hierher gehörenden Aufgaben die Anzahl der Bedingungsg
chungen *gröfser*, oft bedeutend gröfser annehmen mufs,
die Anzahl der durch sie zu bestimmenden Gröfsen. Um
die wahrscheinlichsten Werthe der Gröfsen x und y aus

dieser Gleichungen zu finden, werden wir wieder annehmen, dafs es diejenigen sind, für welche die Summe der Quadrate der Beobachtungsfehler

$$\varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots = \Sigma.\varepsilon^2$$

ein Kleinstes ist, oder für welche man hat

$$\partial.\Sigma.\varepsilon^2 = 0.$$

Da aber die Gröfsen x und y im Allgemeinen von einander unabhängig sind, so ist die letzte Gleichung eigentlich den folgenden beiden gleichgeltend:

$$\left(\frac{\partial.\Sigma.\varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0 \text{ und } \left(\frac{\partial.\Sigma.\varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0.$$

Die erste dieser Gleichungen giebt, da

$$\varepsilon = ax + by - \delta$$

ist, wenn man sie aufs Quadrat erhebt,

$$\varepsilon^2 = a^2x^2 + b^2y^2 + 2(abxy - a\delta x - b\delta y) + \delta^2,$$

und wenn davon das Differential in Beziehung auf x gleich Null gesetzt wird, so hat man

$$a^2x + aby - a\delta = 0.$$

Ebenso giebt die zweite Bedingungsgleichung $\varepsilon_1 = a_1x + b_1y - \delta_1$

$$a_1^2x + a_1b_1y - a_1\delta_1 = 0$$

und die dritte

$$a_2^2x + a_2b_2y - a_2\delta_2 = 0 \text{ u. s. w.}$$

und wenn man alle diese Gleichungen addirt, um die Summe $\left(\frac{\partial.\Sigma.\varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0$ zu erhalten,

$$x\Sigma.a^2 + y\Sigma.ab - \Sigma.a\delta = 0 \ldots \text{(I)}.$$

Ganz auf dieselbe Art erhält man auch aus der zweiten der vorhergehenden Gleichungen oder aus $\left(\frac{\partial.\Sigma.\varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0$ den Ausdruck

$$y\Sigma.b^2 + x\Sigma.ab - \Sigma.b\delta = 0 \ldots \text{(II)},$$

und diese beiden Gleichungen (I) und (II) geben also die gesuchten wahrscheinlichsten Werthe von x und y, die wir wieder, wie oben, durch X und Y bezeichnen wollen. Man erhält nämlich durch Elimination aus diesen beiden Gleichungen, wenn man der Kürze wegen

$$k = \Sigma a^2 . \Sigma b^2 - (\Sigma ab)^2$$

annimmt, die folgenden Ausdrücke:

$$X = \frac{1}{k} . \left[\Sigma b^2 . \Sigma a\delta - \Sigma ab . \Sigma b\delta \right]$$

$$Y = \frac{1}{k} . \left[\Sigma a^2 . \Sigma b\delta - \Sigma ab . \Sigma a\delta \right].$$

Kennt man so einmal diese wahrscheinlichsten Werthe X Y der beiden Gröfsen x und y, so findet man die *Ge* P_x und P_y dieser Resultate, so wie die *wahrscheinli* *Fehler* F_x und F_y derselben durch die Ausdrücke

$$P_x = \tfrac{1}{2} N . \frac{k}{\Sigma b^2 . \Sigma \varepsilon^2} \text{ und } F_x = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_x}}$$

$$P_y = \tfrac{1}{2} N . \frac{k}{\Sigma a^2 . \Sigma \varepsilon^2} \text{ und } F_y = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_y}}$$

und endlich die *mittleren* zu befürchtenden Fehler

$$\Phi_x = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_x}}$$

$$\Phi_y = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_y}},$$

wo in den Ausdrücken für P_x und P_y die Gröfse

$$\varepsilon = a\ X + b\ Y - \delta$$
$$\varepsilon_1 = a_1 X + b_1 Y - \delta_1$$
$$\varepsilon_2 = a_2 X + b_2 Y - \delta_2 \text{ u. s. w. ist.}$$

Noch ist übrig, die *Genauigkeit* (oder die Präcision) G_x u dieser zwei Resultate X und Y, und endlich die wahrsc lichen Fehler f der einzelnen Beobachtungen selbst zu be men. Zu diesem Zwecke wollen wir die beiden Gleich (I) und (II) so ausdrücken:

$$\xi = -\Sigma a\delta + x . \Sigma a^2 + y . \Sigma ab$$
$$v = -\Sigma b\delta + y . \Sigma b^2 + x . \Sigma ab.$$

Leitet man aus ihnen durch die bekannte Methode de version zwei andere Gleichungen ab, welche die Gröfsen x y durch ξ und v ausdrücken, und welche die Form werden:

$$\left.\begin{aligned} x &= L + A\xi + Bv \\ y &= L' + A'\xi + B'v \end{aligned}\right\} \ldots \text{(III)},$$

so sind $x = L$ und $y = L'$ die wahrscheinlichsten Werthe der Gröfsen x und y, dieselben, die wir schon oben auf einem andern Wege gefunden haben, oder mit andern Worten: es ist

$$X = L \text{ und } Y = L'.$$

Die Genauigkeit dieser Bestimmungen von X und Y aber ist, wenn man die Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen gleich der Einheit voraussetzt,

$$\text{für } X \ldots \quad G_x = \frac{1}{\sqrt{A}}$$

und

$$\text{für } Y \ldots \quad G_y = \frac{1}{\sqrt{B'}}.$$

Endlich ist noch, wie zuvor, der wahrscheinliche Fehler f jeder einzelnen Beobachtung

$$f = F_x . G_x = F_y . G_y.$$

Wenden wir diese Ausdrücke auf das folgende Beispiel an, für welches folgende drei Bedingungsgleichungen gegeben seyn sollen:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= x + y - 3 \\ \varepsilon_1 &= x - 2y + 4 \\ \varepsilon_2 &= 3x - y - 2 \end{aligned}\right\}$$

Diese Gleichungen geben sofort

$$\Sigma a^2 = 11 \qquad \Sigma b^2 = 6 \qquad \Sigma ab = -4$$
$$\Sigma b\delta = 9 \qquad \Sigma a\delta = 5 \qquad k = 50$$

also sind auch die wahrscheinlichsten Werthe der beiden Gröfsen x und y

$$X = \frac{33}{25} = 1{,}32000 \text{ und}$$

$$Y = \frac{119}{50} = 2{,}38000.$$

Mit diesen Werthen erhält man

$$\varepsilon = X + Y - 3 = 0{,}70,$$
$$\varepsilon_1 = 0{,}56 \text{ und } \varepsilon_2 = -0{,}42,$$

also auch

$$\Sigma . \varepsilon^2 = 0{,}9800.$$

Wir erhalten daher für die beiden obigen Bestimmungen von X und Y die Gewichte

$$P_x = \frac{3}{2} \cdot \frac{50}{5{,}88} = 12{,}7551,$$

$$P_y = \frac{3}{2} \cdot \frac{50}{10{,}78} = 6{,}9573.$$

Die wahrscheinlichsten Fehler aber sind

$$F_x = 0{,}13354, \qquad F_y = 0{,}18082$$

und die mittlern zu befürchtenden Fehler

$$\Phi_x = 0{,}0790, \qquad \Phi_y = 0{,}1069.$$

Weiter geben die beiden Gleichungen (I) und (II)

$$\left.\begin{aligned} \xi &= 11x - 4y - 5 \\ v &= 6y - 4x - 9 \end{aligned}\right\}$$

woraus man durch Reversion erhält

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{33}{25} + \frac{3}{25}\xi + \frac{2}{25}v \\ y &= \frac{119}{50} + \frac{4}{50}\xi + \frac{11}{50}v \end{aligned}\right\}$$

woraus sofort wieder die wahrscheinlichsten Werthe der fsen x und y oder

$$X = \frac{33}{25} \text{ und } Y = \frac{119}{50}$$

wie zuvor folgen, und wo man zugleich für die Genauigkeit der Bestimmungen dieser zwei Resultate erhält

$$G_x = \sqrt{\frac{25}{3}} = 2{,}8867 \text{ und}$$

$$G_y = \sqrt{\frac{50}{11}} = 2{,}1320.$$

Endlich ist noch der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Beobachtung

$$f = F_x \cdot G_x = F_y \cdot G_y = 0{,}3855.$$

Man kann aber auch die etwas unbequeme Einführung der Gröfsen ξ und v ganz entbehren und die Auflösung der gegebenen Aufgabe auf folgende einfache Ausdrücke zurückführen. Es ist nämlich, alles andere wie zuvor genommen, die Genauigkeit G_x und G_y der Resultate X und Y auch gleich

$$G_x = \sqrt{\frac{k}{\Sigma b^2}} \text{ und } G_y = \sqrt{\frac{k}{\Sigma a^2}},$$

wo wieder $k = \Sigma a^2 . \Sigma b^2 - (\Sigma . ab)^2$, wie zuvor.

In unserm Beispiele war $k = 50$, $\Sigma a^2 = 11$ und $\Sigma b^2 = 6$, also ist auch

$$G_x = 2{,}8867 \text{ und } G_y = 2{,}1320, \text{ wie zuvor.}$$

Man sieht, dafs in diesem Beispiele die Gröfse X genauer bestimmt ist als Y und zwar in dem Verhältnifs von

$$\frac{2,8867}{2,1320} = \frac{1,354}{1}.$$

Nach der vorhergehenden Tafel (II) findet man für die Bestimmung der Gröfse X folgende Grenzen. Für $r = 1$ ist $\frac{r}{\sqrt{P_x}} = \frac{1}{\sqrt{12,7551}} = 0,280$, so dafs man also $\frac{w}{1-w} = 5,357$ gegen 1 wetten kann, dafs der Fehler von X nicht gröfser als 0,28 ist. Für $r = 2,3276$ ist $\frac{r}{\sqrt{P_x}} = 0,672$, so dafs man 999 mal in runder Zahl 1000 gegen 1 wetten kann, dafs dieser Fehler nicht gröfser als 0,672 ist. Für die weniger genau bestimmte Gröfse Y hat man für $r = 1$, $\frac{r}{\sqrt{P_y}} = 0,379$ und

für $r = 2,3276$, $\frac{r}{\sqrt{P_y}} = 0,882$,

so dafs man also 5,357 gegen 1 wetten kann, dafs der Fehler von Y kleiner als 0,379, und 1000 gegen 1, dafs dieser Fehler kleiner als 0,882 ist. Ebenso giebt die Tafel (III) für die Grenzen von Φ_x

	w	$\frac{w}{1-w}$
$\frac{0,5}{\sqrt{P_x}} = 0,140$	0,520	1,085
$\frac{1}{\sqrt{P_x}} = 0,280$	0,843	5,36
$\frac{2}{\sqrt{P_x}} = 0,560$	0,995	213,0

und für die Grenzen von Φ_y

	w	$\frac{w}{1-w}$
$\frac{0,5}{\sqrt{P_y}} = 0,189$	0,520	1,085
$\frac{1}{\sqrt{P_y}} = 0,379$	0,843	5,357
$\frac{2}{\sqrt{P_y}} = 0,758$	0,995	213,0

so dafs man also z. B. nur 1,085 gegen 1 wetten kann der Fehler von X kleiner als 0,14 ist u. s. w. mit den gen Bestimmungen.

Sollten endlich die einzelnen Beobachtungen unter e von ungleicher Güte seyn, und ist z. B. c der Wer ersten, c_1 der zweiten, c_2 der dritten Beobachtung u. s. wird man, wie oben in Nr. IV, die gegebenen Bedin gleichungen, aufser dem ε, durch die Gröfsen c, c_1, c_2 .. tipliciren und dann mit ihnen wie zuvor verfahren.

VI. Auflösung der Gleichungen mit drei kannten Gröfsen durch die Methode der klei Quadrate.

Nehmen wir nun an, dafs man durch eine Reihe v obachtungen *drei* unbekannte Gröfsen x, y und z so b men soll, dafs sie diesen sämmtlichen Beobachtungen am entsprechen.

Hier werden also die Bedingungsgleichungen die fo Form haben:

$$\varepsilon = a\,x + b\,y + c\,z - \delta,$$
$$\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y + c_1 z - \delta_1,$$
$$\varepsilon_2 = a_2 x + b_2 y + c_2 z - \delta_2 \text{ u. s. f.}$$

Sucht man daraus wieder diejenigen Gleichungen, die die Sùmme der Quadrate der Fehler oder welche die Gr

$$\varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + .. = \Sigma\varepsilon^2$$

zu einem Minimum machen oder welche folgenden Ausd entsprechen:

$$\left(\frac{\partial.\Sigma\varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0; \left(\frac{\partial.\Sigma\varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0 \text{ und } \left(\frac{\partial.\Sigma\varepsilon^2}{\partial z}\right) =$$

so erhält man, wie oben in Nr. V, folgende drei Gleichu

$$\left.\begin{aligned} 0 &= X.\Sigma a^2 + Y.\Sigma ab + Z.\Sigma ac - \Sigma a\delta \\ 0 &= X.\Sigma ab + Y.\Sigma b^2 + Z.\Sigma bc - \Sigma b\delta \\ 0 &= X.\Sigma ac + Y.\Sigma bc + Z.\Sigma c^2 - \Sigma c\delta \end{aligned}\right\}$$

und die Werthe, die man aus diesen drei Gleichung X, Y, Z durch Elimination findet, werden die gesuchten scheinlichsten Werthe der unbekannten Gröfsen x, y, z s

Setzt man dann der Kürze wegen

$$k = \Sigma a^2.\Sigma b^2.\Sigma c^2 - \Sigma a^2.(\Sigma bc)^2 + 2\Sigma ab.\Sigma ac. - \Sigma b^2.(\Sigma ac)^2 - \Sigma c^2.(\Sigma ab)^2$$

so sind die Gewichte dieser drei Bestimmungen von

$$X..P_x = \frac{N}{2\Sigma\varepsilon^2} \cdot \frac{k}{\Sigma b^2.\Sigma c^2 - (\Sigma bc)^2}$$

$$Y..P_y = \frac{N}{2\Sigma\varepsilon^2} \cdot \frac{k}{\Sigma a^2.\Sigma c^2 - (\Sigma ac)^2}$$

$$Z..P_z = \frac{N}{2\Sigma\varepsilon^2} \cdot \frac{k}{\Sigma a^2.\Sigma b^2 - (\Sigma ab)^2}$$

wo $\varepsilon = aX + bY + cZ - \delta$ u. s. w. ist.

Ist so das Gewicht P bekannt, so hat man für die mittleren zu befürchtenden Fehler

$$\Phi_x = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_x}}$$

$$\Phi_y = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_y}}$$

$$\Phi_z = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_z}}$$

und für die wahrscheinlichsten Fehler

$$F_x = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_x}}$$

$$F_y = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_y}}$$

$$F_z = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_z}}.$$

Für die Genauigkeit dieser drei Resultate X, Y und Z aber ist

$$G_x = \sqrt{\frac{2P_x.\Sigma\varepsilon^2}{N}}$$

$$G_y = \sqrt{\frac{2P_y.\Sigma\varepsilon^2}{N}}$$

$$G_z = \sqrt{\frac{2P_z.\Sigma\varepsilon^2}{N}}$$

und endlich ist der wahrscheinlichste Fehler jeder einzelnen Beobachtung

$$f = 0{,}47694\sqrt{\frac{2\Sigma\varepsilon^2}{N}}.$$

Sind die einzelnen Beobachtungen unter sich von ungleichem Werthe c, c_1, c_2 ..., so multiplicirt man die Bedingungsgleichungen durch diese Werthe und verfährt dann damit, wie zuvor.

Nehmen wir als Beispiel folgende vier Bedingungsgleichungen:

$\varepsilon = x + y - 2z - 1$ mit dem Werthe $c =$
$\varepsilon_1 = \frac{1}{3}x - y + \frac{1}{2}z - 1$ – – $c_1 =$
$\varepsilon_2 = \frac{1}{3}x + \frac{1}{6}y - \frac{1}{2}z - \frac{1}{2}$ – – $c_2 =$
$\varepsilon_3 = \frac{1}{12}x - \frac{1}{4}y + \frac{1}{12}z - \frac{1}{4}$ – – $c_3 =$

Multiplicirt man jede dieser Gleichungen mit dem ihr entsprechenden Werthe c, so erhält man dafür folgende vier Bedingungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= x + y - 2z - 1 \\ \varepsilon_1 &= x - 3y + z - 3 \\ \varepsilon_2 &= 2x + y - 3z - 2 \\ \varepsilon_3 &= x - 4y + z - 3 \end{aligned}\right\}$$

Diese letzten Gleichungen geben

$$\Sigma a^2 = 7; \quad \Sigma ab = -4; \quad \Sigma a\delta = +11$$
$$\Sigma b^2 = 27; \quad \Sigma ac = -6; \quad \Sigma b\delta = -18$$
$$\Sigma c^2 = 15; \quad \Sigma bc = -12; \quad \Sigma c\delta = -2.$$

Wir erhalten demnach für jene drei Gleichungen zwischen X, Y und Z

$$\left.\begin{aligned} 0 &= 7X - 4Y - 6Z - 11 \\ 0 &= 4X - 27Y + 12Z - 18 \\ 0 &= 6X + 12Y - 15Z - 2 \end{aligned}\right\}$$

woraus man durch Elimination folgende wahrscheinlichste Werthe oder Gröfsen x, y und z findet:

$$X = +1{,}9231$$
$$Y = -0{,}1538$$
$$Z = +0{,}5128.$$

Substituirt man diese Werthe in den obigen Ausdrücken für ε, so erhält man

$$\varepsilon = X + Y - 2Z - 1 = -0{,}2563$$

und ebenso $\varepsilon_1 = -0{,}1027$; $\varepsilon_2 = 0{,}1540$; $\varepsilon_3 = 0{,}0511$ daher auch

$$\Sigma\varepsilon^2 = 0{,}1025$$

und $k = 39$, so wie $N = 4$ die Anzahl der Beobachtungen.

Dieses vorausgesetzt erhält man für die Gewichte jener drei Resultate X, Y und Z folgende Ausdrücke:

$$P_x = 2{,}9136; \quad P_y = 11{,}0211; \quad P_z = 4{,}3957.$$

Die mittlern zu befürchtenden Fehler sind

$$\Phi_x = 0{,}1652; \quad \Phi_y = 0{,}0850; \quad \Phi_z = 0{,}1345;$$

... wahrscheinlichsten Fehler aber sind

$$F_x = 0{,}2794; \quad F_y = 0{,}1437; \quad F_z = 0{,}2275$$

... für die Genauigkeit dieser Resultate hat man

$$G_x = 0{,}3865; \quad G_y = 0{,}7518; \quad G_z = 0{,}4748.$$

Endlich ist der wahrscheinlichste Fehler jeder einzelnen Beobachtung

$$f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{2\Sigma\varepsilon^2}{N}} = 0{,}1080,$$

... nach der wahrscheinlichste Fehler

der Isten Beobachtung $\frac{f}{c} = 0{,}108$

— IIten — $\frac{f}{c_1} = 0{,}036$

— IIIten — $\frac{f}{c_2} = 0{,}018$

— IVten — $\frac{f}{c_2} = 0{,}009.$

Man sieht aus diesen Ausdrücken, dafs von den drei Grö... X, Y und Z die erste X am wenigsten genau, Y aber ... genauesten bestimmt ist, wie es die Natur der Sache ... Auch kann man nach der Tafel II die Zahl 1000 ... wetten, dafs der Fehler

von X nicht gröfser als $\pm$ 1,36
- Y — — - $\pm$ 0,70
- Z — — - $\pm$ 1,11 ist.

Das Vorhergehende wird in den meisten Fällen, die in ... Physik vorkommen, hinreichend erscheinen, um die ge... nachten Reductionen der Beobachtungen und ihrer Resultate ... Sicherheit und Bequemlichkeit zugleich auszuführen.

L.

Wanken der Erdaxe.

M. s. darüber den Artikel *Nutation*, sowie den Art. *Vor...ken der Nachtgleichen* in der Abtheilung *Nutation* am Ende dieses Artikels (S. 2162 ff.). *L.*

Wassersäulenmaschine.

Machine à Colonne d'eau.

Eine vollständige Untersuchung dieser Maschine
eigentlich in das Gebiet der praktischen Maschinenlehre,
zwar speciell zur hydrodynamischen Abtheilung derselben;
aber in diesem Werke auch sonstige Maschinen, namentli
Beziehung auf die ihnen zum Grunde liegenden physikali
Gesetze, in so weit kurz beschrieben sind, als erfordert
um eine allgemeine Kenntnifs ihrer Beschaffenheit und
Leistungen zu erhalten, so möge eine solche kurze Bes
bung auch dieser zu Theil werden. Wem es darum zu
ist, eine nähere Kenntnifs ihrer einzelnen Theile und des
sie zu erreichenden Nutzeffectes zu erhalten, der findet
in den unten angegebenen gröfseren Werken.

Bei allen hydraulischen Maschinen wird der zu erreicl
Effect bedingt durch die Masse des in einer gegebenen Ze
benutzenden Wassers und durch die Höhe seines Falles.
die Masse des sich bewegenden Wassers grofs, seine Fall
aber klein, so benutzt man es zu unterschlächtigen Mühlrä
ist dagegen jene klein und diese grofs, zu mittel- oder
schlächtigen Rädern[1], aber auch diese können eine ge
Höhe nicht übersteigen, um nicht allzu unbequem zu we
und wenn daher die Fallhöhe zu grofs ist, etwa 40 Fufs
steigt, die Wassermasse aber zu klein ist, um für ein Ge
die erforderliche Kraft zu geben, sokönnte man noch das
ner'sche Wasserrad[2] benutzen, dessen Anwendung bei al
grofser Höhe jedoch gleichfalls grofse, bis zu den unüberw
lichen steigende, Schwierigkeiten darbietet. In solchen Fi
pflegt man das Gefälle zu theilen und zwei oder mehrere
der so über einander anzulegen, dafs das nächst tiefer lieg
durch das von dem höhern abfliefsende Wasser bewegt v
In den bei weitem meisten Fällen dieser Art ist es aber k
möglich, die hierdurch erzeugte Kraft zu vereinigen und
einen Punct zu concentriren; ganz unmöglich wird dieses
wenn kleine Giefsbäche mehrere, durch längere und wenig

---

1 Vergl. Art. *Rad.* Bd. VII. S. 1180.
2 Vergl. ebend. S. 1186.

[illegible] Flächen unterbrochene Gefälle haben, oder wenn gering-[illegible] Quellen durch ihren längeren Lauf gänzlich versiegen, [illegible] dennoch bedarf man dieser, in grofsen Höhen sich befin-[illegible], oft sehr, namentlich um die Grubenwasser zu heben. [illegible] zweckmäfsige Benutzung derselben in diesen Fällen er-[illegible] man durch die *Luftmaschine* oder die *Höll'sche* Maschine[1], [illegible] wendet man diese besonders in den neueren Zeiten selte-[illegible], als die Wassersäulenmaschinen, deren einige mit sehr [illegible] Nutzen erbaut worden sind, und bei denen zwar die [illegible] einen grofsen Theil der Kraft wegnimmt, wogegen sie [illegible] des so schwierig zu erreichenden luftdichten Schliefsens [illegible] bedürfen.

Die *Wassersäulenmaschinen* beruhen im Allgemeinen auf [illegible] hydrostatischen Fundamentalgesetze, dafs das Wasser einen [illegible] ausübt, welcher dem Gewichte eines Wasserprisma's von [illegible] gegebenen Fläche und der lothrechten Höhe vom Schwer-[illegible] dieser Fläche bis zum Wasserspiegel gleich ist. Bei [illegible] Wassermenge und bedeutender Höhe läfst man daher [illegible] Wasser in einer verhältnifsmäfsig engen Röhre herabsinken, [illegible] deren untere Oeffnung in einen weiten Stiefel, in welchem [illegible] Embolus durch diesen Druck bewegt wird, und läfst dann [illegible] Wasser nach dieser Wirkung durch einen geöffneten Hahn [illegible], woraus der Embolus durch das eigene Gewicht der [illegible] verbundenen Maschinentheile, oder durch die Kraft [illegible] zweiten, mit ihm vereinten, Embolus, oder endlich durch [illegible] Wasserdruck gegen seine entgegengesetzte Fläche wieder [illegible] geht, seine erste Bewegung aber, und auch wohl die letzte, [illegible] Betreibung der verlangten Maschine benutzt wird. Die [illegible] des Kolbens ist entweder eine horizontale, oder bei [illegible] in den meisten Fällen eine verticale; auch haben die [illegible] entweder nur einen Stiefel und sind einfach wir-[illegible], neuerdings aber wählt man häufiger zwei Stiefel, noch [illegible] aber einen doppelt wirkenden Stiefel, wodurch man [illegible] in den Stand gesetzt wird, ein Schwungrad anzubrin-[illegible], um eine fortwährend ununterbrochene gleichmäfsige Be-[illegible] zu erhalten. Ist der Druck des Wassers zum Heben [illegible] Embolus benutzt, so mufs dasselbe abfliefsen, um das un-[illegible] wieder zufliefsende zu einer neuen Hebung zu benutzen;

1 S. Art. Pumpe. Bd. VII. S. 976.

der Wasserzufluſs der Fallröhre muſs daher abgesperrt, d
Stiefel befindliche Wasser aber abgelassen werden, wozu
nes Krahns mit wechselnder Drehung bedarf. Die erf
liche Stellung desselben könnte zwar durch einen Arbeit
schehn, allein dieses würde nicht bloſs kostspielig und
möglicher Vernachlässigung nachtheilig, sondern auch bei
len Maschinen, die in tiefe Bergwerksschachte herabgehn,
des ungesunden Aufenthaltes fast unausführbar seyn, und
brachte daher schon früher Selbststeuerung an; auch
die jetzt so ungemein fortgeschrittene Mechanik einen Vo
darin finden, wenn man ihr nicht zutrauen wollte, hierfür z
mäſsige Vorrichtungen aufzufinden. Bei den älteren Masc
brachte man zu diesem Zwecke einen Fallklotz an, welche
der Maschine gehoben wurde und durch sein Herabfalle
wechselnde Oeffnen und Verschlieſsen der Hahnen bew
weil dieses aber mit bedeutender Erschütterung verbunden
so wählte man später Fallhämmer, zuletzt aber Kolbensteue

Da hiernach das Princip dieser Maschinen selbst in s
mannigfaltigen Modificationen sehr einfach ist, die spe
Einrichtung aber durch die jedesmalige Localität bedingt
so muſs man zur allgemeinen Kenntniſs des Einzelnen
specielle Maschine genauer untersuchen, zur vollständigen
sicht der Sache aber wird erfordert, die bereits hergericht
und namentlich den damit erzielten Nutzeffect sich bekann
machen, um für einen individuellen Fall das Beste daraus
entnehmen. Da diese Aufgabe aber zunächst bloſs für Ingeni
und praktische Baumeister gehört, so genügt es hier, die Q
len nachzuweisen und die wesentlichsten Stücke nach
der besseren Maschinen zu erläutern. Die erste Maschine di
Art wurde in Frankreich durch Denizard und de la Dua
im Jahre 1731 gebauet. Das Wasser einer kleinen Quelle
in einer 9 Fuſs langen Fallröhre nieder, trieb hierdurch ei
Kolben, und dieser hob ungefähr den zwanzigsten Theil
viel Wasser, als die Quelle selbst enthielt, bis zu 32
Höhe[1]. Im Jahre 1748 legte der Ingenieur Wintersch
eine Wassersäulenmaschine zur Wältigung des Grubenwas
in den Bergwerken des Harzes an, sie leistete aber den

1 Recueil des Machines approuv. par l'Acad. R. des Sc. T.
p. 259. Belidor Archit. hydr. T. II. Liv. IV. §. 1787. p. 54.

[illegible] Nutzen nicht, und wurde daher bald wieder abgebauet[1]; [illegible] kann die von J. K. Höll 1749 im Leopoldi-Schachte [illegible] Schemnitz erbaute, mit einem Klotze zur Selbststeuerung [illegible], Maschine als diejenige gelten, welche den späteren [illegible] Muster diente[2], deren mehrere in den Silberbergwerken [illegible] sich befinden[3]. Seitdem bediente man sich derselben [illegible] in den Bleibergwerken Kärnthens, unter denen die zu [illegible] unweit Bleiberg im Jahre 1830 von dem Markscheider [illegible] Florian hergestellte, sehr gelungen zu nennende, von v. [illegible] nach allen ihren Theilen genau beschrieben worden ist. [illegible] sächsischen Bergwerken[4] erbaute der Maschinendirector [illegible] schon in früheren Zeiten einige solche Maschinen, die [illegible] wieder eingegangen sind, indem sich gegenwärtig nur drei [illegible] befinden. Zu den bedeutendsten, gröſsten und merk[illegible] Maschinen dieser Art gehören die durch v. Rei[illegible] zur Hebung der Soole zu Illsang u. s. w. in Baiern [illegible]. Der gesammte Riesenbau ist angelegt, um die Soole [illegible] Reichenbach, wo es an Brennmaterial fehlt, nach Rosen[illegible] zu fördern. Letzterer Ort ist 21 franz. Meilen entfernt; [illegible], um dahin zu gelangen, in mehreren Absätzen 2301 [illegible] aufsteigen, und dann 2051 Fuſs wieder herabsteigen, wo[illegible] der Höhenunterschied 250 Fuſs beträgt. Die Hebung ge[illegible] durch 11 Maschinen, von denen 8 Wassersäulenma[illegible], die 3 übrigen Pumpwerke mit Mühlrädern sind. Eine [illegible] Maschinen dieser Art ist ferner die, welche Jun[illegible] zu Huelgoat im Departement Finisterre nach Reichenbach'[illegible] Principien anlegte[5].

Um eine ungefähre Uebersicht der älteren Maschinen zu [illegible], dürfte wohl die allerälteste, von Denizard und [illegible] Duaille in Frankreich erfundene, nach der Beschrei[illegible] von Belidor hier einen Platz verdienen. Ihr einfacher, Fig. 89.

---

1 F. G. Busse Betrachtung der Winterschmidt-Höll'schen Wassersäulenmaschine u. s. w. Freib. 1804.

2 N. Poda kurzgefaſste Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschine. Prag 1771. 8.

3 Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien 1773. Vergl. Schitko Beiträge zur Bergbaukunde. Wien 1834. Hft. II.

4 Nach Mittheilungen des Maschinendirectors Brendel in v. Gerstner's Handbuch der Mechanik. Th. II. S. 370 ff.

5 Dingler's polytech. Journ. Th. LIX. S. 74.

der Wasserzufluſs der Fallröhre muſs daher abgesperrt, d
Stiefel befindliche Wasser aber abgelassen werden, wozu
nes Krahns mit wechselnder Drehung bedarf. Die erf
liche Stellung desselben könnte zwar durch einen Arbeite
schehn, allein dieses würde nicht bloſs kostspielig und
möglicher Vernachlässigung nachtheilig, sondern auch bei
len Maschinen, die in tiefe Bergwerksschachte herabgehn,
des ungesunden Aufenthaltes fast unausführbar seyn, und
brachte daher schon früher Selbststeuerung an; auch
die jetzt so ungemein fortgeschrittene Mechanik einen Ve
darin finden, wenn man ihr nicht zutrauen wollte, hierfür z
mäſsige Vorrichtungen aufzufinden. Bei den älteren Masc
brachte man zu diesem Zwecke einen Fallklotz an, welche
der Maschine gehoben wurde und durch sein Herabfalle
wechselnde Oeffnen und Verschlieſsen der Hahnen bew
weil dieses aber mit bedeutender Erschütterung verbunden
so wählte man später Fallhämmer, zuletzt aber Kolbensteue

Da hiernach das Princip dieser Maschinen selbst in s
mannigfaltigen Modificationen sehr einfach ist, die spe
Einrichtung aber durch die jedesmalige Localität bedingt
so muſs man zur allgemeinen Kenntniſs des Einzelnen
specielle Maschine genauer untersuchen, zur vollständigen
sicht der Sache aber wird erfordert, die bereits hergerich
und namentlich den damit erzielten Nutzeffect sich bekann
machen, um für einen individuellen Fall das Beste daraus
entnehmen. Da diese Aufgabe aber zunächst bloſs für Ingen
und praktische Baumeister gehört, so genügt es hier, die Q
len nachzuweisen und die wesentlichsten Stücke nach
der besseren Maschinen zu erläutern. Die erste Maschine di
Art wurde in Frankreich durch Denizard und de la Dua
im Jahre 1731 gebauet. Das Wasser einer kleinen Quelle
in einer 9 Fuſs langen Fallröhre nieder, trieb hierdurch ei
Kolben, und dieser hob ungefähr den zwanzigsten Theil
viel Wasser, als die Quelle selbst enthielt, bis zu 32
Höhe[1]. Im Jahre 1748 legte der Ingenieur Winterschm
eine Wassersäulenmaschine zur Wältigung des Grubenwas
in den Bergwerken des Harzes an, sie leistete aber den

1 Recueil des Machines approuv. par l'Acad. R. des Sc. T.
p. 259. Belidor Archit. hydr. T. II. Liv. IV. §. 1787. p. 54.

nen Nutzen nicht, und wurde daher bald wieder abgebauet[1]; auch kann die von J. K. Höll 1749 im Leopoldi-Schachte zu Schemnitz erbaute, mit einem Klotze zur Selbststeuerung versehene, Maschine als diejenige gelten, welche den späteren zum Muster diente[2], deren mehrere in den Silberbergwerken Ungarns sich befinden[3]. Seitdem bediente man sich derselben auch in den Bleibergwerken Kärnthens, unter denen die zu Unweit Bleiberg im Jahre 1830 von dem Markscheider J. Florian hergestellte, sehr gelungen zu nennende, von v. Trauttenau nach allen ihren Theilen genau beschrieben worden ist. In den sächsischen Bergwerken[4] erbaute der Maschinendirector Mehrn schon in früheren Zeiten einige solche Maschinen, die aber wieder eingegangen sind, indem sich gegenwärtig nur drei davon befinden. Zu den bedeutendsten, gröfsten und merkwürdigsten Maschinen dieser Art gehören die durch v. Reichenbach zur Hebung der Soole zu Illsang u. s. w. in Baiern angelegten. Der gesammte Riesenbau ist angelegt, um die Soole von Reichenbach, wo es an Brennmaterial fehlt, nach Rosenheim zu fördern. Letzterer Ort ist 21 franz. Meilen entfernt; man mufs, um dahin zu gelangen, in mehreren Absätzen 2301 Fufs niedersteigen, und dann 2051 Fufs wieder herabsteigen, wobei der Höhenunterschied 250 Fufs beträgt. Die Hebung geschieht durch 11 Maschinen, von denen 8 Wassersäulenmaschinen, die 3 übrigen Pumpwerke mit Mühlrädern sind. Eine der neuesten Maschinen dieser Art ist ferner die, welche Junker zu Huelgoat im Departement Finisterre nach Reichenbach'schen Principien anlegte[5].

Um eine ungefähre Uebersicht der älteren Maschinen zu erhalten, dürfte wohl die allerälteste, von Denizard und de la Deuille in Frankreich erfundene, nach der Beschreibung von Belidor hier einen Platz verdienen. Ihr einfacher, Fig. 89.

1 F. C. Besse Betrachtung der Winterschmidt-Höll'schen Wassersäulenmaschine u. s. w. Freib. 1804.

2 N. Pena kurzgefafste Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschine. Prag 1771. 8.

3 Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien 1773. Vergl. Schiko Beiträge zur Bergbaukunde. Wien 1834. Hft. II.

4 Nach Mittheilungen des Maschinendirectors Brendel in v. Gerstner's Handbuch der Mechanik. Th. II. S. 570 ff.

5 Dingler's polytech. Journ. Th. LIX. S. 74.

der Wasserzufluſs der Fallröhre muſs daher abgesperrt, d
Stiefel befindliche Wasser aber abgelassen werden, wozu
nes Krahns mit wechselnder Drehung bedarf. Die erf
liche Stellung desselben könnte zwar durch einen Arbeit
schehn, allein dieses würde nicht bloſs kostspielig und
möglicher Vernachlässigung nachtheilig, sondern auch be
len Maschinen, die in tiefe Bergwerksschachte herabgehn,
des ungesunden Aufenthaltes fast unausführbar seyn, und
brachte daher schon früher Selbststeuerung an; auch
die jetzt so ungemein fortgeschrittene Mechanik einen V
darin finden, wenn man ihr nicht zutrauen wollte, hierfür z
mäſsige Vorrichtungen aufzufinden. Bei den älteren Masc
brachte man zu diesem Zwecke einen Fallklotz an, welche
der Maschine gehoben wurde und durch sein Herabfalle
wechselnde Oeffnen und Verschlieſsen der Hahnen bew
weil dieses aber mit bedeutender Erschütterung verbunden
so wählte man später Fallhämmer, zuletzt aber Kolbensteu

Da hiernach das Princip dieser Maschinen selbst in s
mannigfaltigen Modificationen sehr einfach ist, die spe
Einrichtung aber durch die jedesmalige Localität bedingt
so muſs man zur allgemeinen Kenntniſs des Einzelnen
specielle Maschine genauer untersuchen, zur vollständigen
sicht der Sache aber wird erfordert, die bereits hergericht
und namentlich den damit erzielten Nutzeffect sich bekann
machen, um für einen individuellen Fall das Beste daraus
entnehmen. Da diese Aufgabe aber zunächst bloſs für Ingeni
und praktische Baumeister gehört, so genügt es hier, die Q
len nachzuweisen und die wesentlichsten Stücke nach
der besseren Maschinen zu erläutern. Die erste Maschine di
Art wurde in Frankreich durch Denizard und de la Duai
im Jahre 1731 gebauet. Das Wasser einer kleinen Quelle
in einer 9 Fuſs langen Fallröhre nieder, trieb hierdurch ei
Kolben, und dieser hob ungefähr den zwanzigsten Theil
viel Wasser, als die Quelle selbst enthielt, bis zu 32
Höhe[1]. Im Jahre 1748 legte der Ingenieur Winterschm
eine Wassersäulenmaschine zur Wältigung des Grubenwas
in den Bergwerken des Harzes an, sie leistete aber den

1 Recueil des Machines approuv. par l'Acad. R. des Sc. T.
p. 259. Belidor Archit. hydr. T. II. Liv. IV. §. 1787. p. 54.

[illegible] Kosten nicht, und wurde daher bald wieder abgebauet[1]; [illegible] kam die von J. K. Höll 1749 im Leopoldi-Schachte [illegible] Schemnitz erbaute, mit einem Klotze zur Selbststeuerung [illegible] Maschine, Maschine als diejenige gelten, welche den späteren [illegible] Muster diente[2], deren mehrere in den Silberbergwerken [illegible] sich befinden[3]. Seitdem bediente man sich derselben [illegible] in den Bleibergwerken Kärnthens, unter denen die zu [illegible] unweit Bleiberg im Jahre 1830 von dem Markscheider [illegible] Florian hergestellte, sehr gelungen zu nennende, von v. [illegible] nach allen ihren Theilen genau beschrieben worden ist. [illegible] den sächsischen Bergwerken[4] erbaute der Maschinendirector [illegible] schon in früheren Zeiten einige solche Maschinen, die [illegible] wieder eingegangen sind, indem sich gegenwärtig nur drei [illegible] befinden. Zu den bedeutendsten, gröfsten und merk- [illegible] Maschinen dieser Art gehören die durch v. Rei- [illegible] zur Hebung der Soole zu Illsang u. s. w. in Baiern [illegible] Der gesammte Riesenbau ist angelegt, um die Soole [illegible] Reichenbach, wo es an Brennmaterial fehlt, nach Rosen- [illegible] zu fördern. Letzterer Ort ist 21 franz. Meilen entfernt; [illegible] mufs, um dahin zu gelangen, in mehreren Absätzen 2301 [illegible] ersteigen, und dann 2051 Fufs wieder herabsteigen, wo- [illegible] der Höhenunterschied 250 Fufs beträgt. Die Hebung ge- [illegible] durch 11 Maschinen, von denen 8 Wassersäulenma- [illegible], die 3 übrigen Pumpwerke mit Mühlrädern sind. Eine [illegible] Maschinen dieser Art ist ferner die, welche Jun- [illegible] zu Huelgoat im Departement Finisterre nach Reichenbach'- [illegible] Principien anlegte[5].

Um eine ungefähre Uebersicht der älteren Maschinen zu [illegible], dürfte wohl die allerälteste, von Denizard und [illegible] la Dueille in Frankreich erfundene, nach der Beschrei- [illegible] von Belidor hier einen Platz verdienen. Ihr einfacher, Fig. 89.

1 F. G. Busse Betrachtung der Winterschmidt-Höll'schen Was- [illegible]säulenmaschine u. s. w. Freib. 1804.

2 N. Poda kurzgefafste Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschine. Prag 1771. 8.

3 Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien 1773. Vergl. Schiko Beiträge zur Bergbaukunde. Wien 1834. Hft. II.

4 Nach Mittheilungen des Maschinendirectors Baendel in v. Gerst- [illegible]'s Handbuch der Mechanik. Th. II. S. 870 ff.

5 Dingler's polytech. Journ. Th. LIX. S. 74.

der Wasserzufluſs der Fallröhre muſs daher abgesperrt, d
Stiefel befindliche Wasser aber abgelassen werden, wozu
nes Krahns mit wechselnder Drehung bedarf. Die ert
liche Stellung desselben könnte zwar durch einen Arbeit
schehn, allein dieses würde nicht bloſs kostspielig und
möglicher Vernachlässigung nachtheilig, sondern auch be
len Maschinen, die in tiefe Bergwerksschachte herabgehn,
des ungesunden Aufenthaltes fast unausführbar seyn, und
brachte daher schon früher Selbststeuerung an; auch
die jetzt so ungemein fortgeschrittene Mechanik einen Vo
darin finden, wenn man ihr nicht zutrauen wollte, hierfür z
mäſsige Vorrichtungen aufzufinden. Bei den älteren Masc
brachte man zu diesem Zwecke einen Fallklotz an, welche
der Maschine gehoben wurde und durch sein Herabfalle
wechselnde Oeffnen und Verschlieſsen der Hahnen bew
weil dieses aber mit bedeutender Erschütterung verbunden
so wählte man später Fallhämmer, zuletzt aber Kolbensteu

Da hiernach das Princip dieser Maschinen selbst in s
mannigfaltigen Modificationen sehr einfach ist, die spe
Einrichtung aber durch die jedesmalige Localität bedingt
so muſs man zur allgemeinen Kenntniſs des Einzelnen
specielle Maschine genauer untersuchen, zur vollständigen
sicht der Sache aber wird erfordert, die bereits hergerich
und namentlich den damit erzielten Nutzeffect sich bekann
machen, um für einen individuellen Fall das Beste daraus
entnehmen. Da diese Aufgabe aber zunächst bloſs für Ingen
und praktische Baumeister gehört, so genügt es hier, die Q
len nachzuweisen und die wesentlichsten Stücke nach
der besseren Maschinen zu erläutern. Die erste Maschine di
Art wurde in Frankreich durch Denizard und de la Dua
im Jahre 1731 gebauet. Das Wasser einer kleinen Quelle
in einer 9 Fuſs langen Fallröhre nieder, trieb hierdurch ei
Kolben, und dieser hob ungefähr den zwanzigsten Theil
viel Wasser, als die Quelle selbst enthielt, bis zu 32
Höhe[1]. Im Jahre 1748 legte der Ingenieur Winterschm
eine Wassersäulenmaschine zur Wältigung des Grubenwas
in den Bergwerken des Harzes an, sie leistete aber den

1 Recueil des Machines approuv. par l'Acad. R. des Sc. T.
p. 259. Belidor Archit. hydr. T. II. Liv. IV. §. 1787. p. 54.

[illegible] Nutzen nicht, und wurde daher bald wieder abgebauet[1]; [illegible] kann die von J. K. Höll 1749 im Leopoldi-Schachte [illegible] Schemnitz erbaute, mit einem Klotze zur Selbststeuerung [illegible] Maschine, Maschine als diejenige gelten, welche den späteren [illegible] Muster diente[2], deren mehrere in den Silberbergwerken [illegible] sich befinden[3]. Seitdem bediente man sich derselben [illegible] in den Bleibergwerken Kärnthens, unter denen die zu [illegible] unweit Bleiberg im Jahre 1830 von dem Markscheider [illegible] Florian hergestellte, sehr gelungen zu nennende, von v. [illegible] Mayern nach allen ihren Theilen genau beschrieben worden ist. [illegible] den sächsischen Bergwerken[4] erbaute der Maschinendirector Mayer schon in früheren Zeiten einige solche Maschinen, die [illegible] wieder eingegangen sind, indem sich gegenwärtig nur drei [illegible] befinden. Zu den bedeutendsten, gröfsten und merk- [illegible] Maschinen dieser Art gehören die durch v. Rei- [illegible] chenbach zur Hebung der Soole zu Illsang u. s. w. in Baiern [illegible] angelegten. Der gesammte Riesenbau ist angelegt, um die Soole [illegible] von Reichenbach, wo es an Brennmaterial fehlt, nach Rosen- [illegible] heim zu fördern. Letzterer Ort ist 21 franz. Meilen entfernt; [illegible] man mufs, um dahin zu gelangen, in mehreren Absätzen 2301 [illegible] Fufs ansteigen, und dann 2051 Fufs wieder herabsteigen, wo- [illegible] nach der Höhenunterschied 250 Fufs beträgt. Die Hebung ge- [illegible] schieht durch 11 Maschinen, von denen 8 Wassersäulenma- [illegible] schinen, die 3 übrigen Pumpwerke mit Mühlrädern sind. Eine [illegible] der neuesten Maschinen dieser Art ist ferner die, welche Jun- [illegible] an zu Huelgoat im Departement Finisterre nach Reichenbach'- [illegible] schen Principien anlegte[5].

Um eine ungefähre Uebersicht der älteren Maschinen zu [illegible] erhalten, dürfte wohl die allerälteste, von Denizard und [illegible] de la Dueille in Frankreich erfundene, nach der Beschrei- [illegible] bung von Belidor hier einen Platz verdienen. Ihr einfacher, Fig. 89.

1 F. G. Busse Betrachtung der Winterschmidt-Höll'schen Was- [illegible] sersäulenmaschine u. s. w. Freib. 1804.

2 N. Poda kurzgefafste Beschreibung der bei dem Bergbau zu [illegible] Schemnitz errichteten Maschine. Prag 1771. 8.

3 Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien 1773. Vergl. Schiko Beiträge zur Bergbaukunde. Wien 1834. Hft. II.

4 Nach Mittheilungen des Maschinendirectors Brendel in v. Gerst- [illegible] ner's Handbuch der Mechanik. Th. II. S. 370 ff.

5 Dingler's polytech. Journ. Th. LIX. S. 74.

für die damalige Zeit sehr sinnreicher Bau wird durch die Z
nung deutlich, aufserdem aber verdient sie noch deswege
sondere Berücksichtigung, weil sie einen Theil des Aufsch
wassers zu einer gröfsern Höhe fördert, als wovon dieses
abfällt,' statt 'dafs alle spätere Wasser, welches sich in grö
Tiefe befindet, bis dahin heben, wo das verbrauchte Druck
ser abfliefst. Bei der im verticalen Durchschnitt gezeich
Maschine ist A das Druckrohr, welches durch den Hahn
geschlossen wird, wenn die Maschine stillstehen soll. Un
Spiel der Maschine leichter zu verstehen, wollen wir annel
das im Raume C befindliche Ventil gestatte dem in dem S
M befindlichen Druckwasser den Ablauf, während das W
durch die Röhre A A' in die engere a a gelangt. Ist dan
Hahn v' verschlossen, der untere v aber geöffnet, so wir
in den Stiefel m eindringende Wasser den Embolus b
mittelst der gemeinschaftlichen Stange auch den Embolus
lange zurückdrücken, bis letzterer die Wandung des Ge
C mit seinem unteren Boden berührt, wodurch die Mas
zum Stillstande kommen mufs. Alsbald wird der Hal
verschlossen, der obere v' aber und das Ventil im Behält
welches dem Wasser den Zutritt in den Stiefel M gest
geöffnet; dieses treibt durch seinen stärkeren Druck den K
B, so wie den an der gemeinschaftlichen Stange befestigt
zurück, welcher letztere dann das im Stiefel m befind
Wasser in den Windkessel D preſst, und durch die Röhr
zu gröfserer Höhe hebt, als von welcher das Druckw
herabfällt.

Zur Kenntnifs der später allgemein eingeführten Masch
kann die sehr verkleinerte Zeichnung der zu Kreuth befi
Fig. 90. chen dienen[1]. Die Fallröhre a a, wovon nur das untere
zu sehn ist, kann nach der Localität sowohl lothrecht,
auch geneigt, und nach Umständen selbst verschiedentlich
bogen seyn, denn es kommt dabei blofs die verticale Dr
höhe in Betrachtung, auch dann, wenn erfordert würde,
bald aufsteigen, bald herabgehn zu lassen, was jedoch in
Regel nicht nöthig, auf jeden Fall unbequem, kraftraubend
kostspielig ist. Sie besteht allezeit aus einzelnen, genau
serdicht verbundenen Röhrenstücken. Gegenwärtig würde

1 Die Zeichnung findet sich in v. Gerstner's Werke, Taf. 9

gewifs keine anderen als gufseiserne Röhren in Anwendung bringen, doch sind die meisten der in holzreichen Gegenden vorhandenen am obern Theile von Holz. Ihre Weite richtet sich nach der Wassermasse, die in ihnen herabfliefsen soll, und man wählt sie der Kosten wegen nicht weiter, als hierzu erforderlich ist. Die gufseisernen Röhren der hier gezeichneten Maschine bestehen aus 6 Fufs langen Stücken, deren innerer Durchmesser 3,75 Zoll beträgt, wonach sie bei 0,5 Zoll Dicke der Wandungen 11,04 Quadratzoll Querschnitt haben. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs man zur Ersparung der Kosten diese Eisendicke nach unten zunehmend, dem vermehrten Wasserdrucke proportional, wählen könnte. Die lothrechte Höhe dieser 54 Klafter langen Röhre beträgt 43 Klaftern, und sie leitet das Druckwasser mittelst der durch die Scheibe A erzeugten Steuerung abwechselnd in die Stiefel b, b′, deren Kolbenstangen die Scheibe B nach der einen und nach der entgegengesetzten Richtung umdrehen. Die an dieser Scheibe befindlichen Ketten treiben die über den Frictionsrollen a, a, a; a′, a′, a′ laufenden Stangen c c, c′ c′, welche an ihrem unteren Ende die Drehungen der Scheibe C bewirken, die alsdann durch einen ähnlichen Mechanismus die Stangen der beiden Saug- und Druck-Pumpen d und d′ bewegt, welche das Wasser bis zu 72 Klaftern in der Röhre e, e, e hinaufpressen, wo es nebst dem aus b und b nach geleistetem Drucke abfliefsenden Wasser durch den Stollen m m seinen Abflufs erhält. Die Kosten dieser Maschine betrugen im Ganzen 8862 Gulden, und sie hebt mit 8 Hüben in einer Minute 5 niederösterreichische Kubikfufs Wasser zu einer senkrechten Höhe von 72 Klaftern, vorausgesetzt, dafs sie stets in guter Ordnung und in gehöriger Schmiere erhalten wird.

Für die Bergwerke zu Kongsberg hat der Director Steinhaupt ein Modell einer zu errichtenden Wassersäulenmaschine verfertigt, jedoch soll die neue Construction erst einer näheren Prüfung unterworfen bleiben, ehe sie zur Ausführung gebracht wird[1]. Dafs man die Stiefel, die Kolben und Kolbenstangen gegenwärtig besser zu fabriciren weifs, als ehemals, versteht sich von selbst, und sonach besteht die wesentlichste Verbesserung in den Schieberventilen, die er statt der Hahnen wählt, die

1 Dingler's polytech. Journ. Th. LXXI. S. 184.

schwer zu verfertigen sind und sich schnell abzunutzen
gen, insbesondere wenn das Wasser, was so oft der Fal
feine Kieselerde mit sich führt[1]. Die Schieberventile w
durch eine Stange bewegt, die durch eine Stopfbüchse in
Kasten geht, aus welchem das Aufschlagewasser zum
oder andern Stiefel gelangt, und die mit einem gezahnten
tor versehen ist, dessen Zähne in das horizontale Getrieb
aufgeschliffenen Schiebers eingreifen. Solche Ventile sind
Fig. wifs sehr zweckmäfsig. Im Boden des hinlänglich st
91. Kastens A münden drei Röhren, α, β und γ; die beiden e
communiciren mit den beiden Stiefeln, die letztere vers
dem benutzten Aufschlagwasser den Abfluſs. Durch die
schiebung des Ventils wird abwechselnd die letztere mit
der beiden ersteren in Verbindung gesetzt, während durch
andere das Druckwasser unter den Embolus gelangt. D
Verschiebung soll durch eine Vorrichtung geschehen, die
dem anfangs in Anwendung gebrachten Fallklotze einige A
lichkeit hat und die auch bei der Prüfung durch Bon
Keilhau und Lammers als unzweckmäfsig verworfen w
Statt sie hier zu beschreiben, wird genügen, nur zu bemer
dafs es keine schwierige Aufgabe ist, einen Mechanis
anzuwenden, mittelst dessen jeder der zwei aufsteigenden
ben am Ende seines Aufsteigens eine schnelle und vollstän
Verschiebung des Ventils bewirkt, worauf dann beim erfol
den Abfluſs des Druckwassers dieser sogleich herabsinken,
zweite Embolus aber in Folge des gegen ihn ausgeübten
ckes sofort aufsteigen wird. Dafs der Kolben der vorges
genen Maschine aus einem Cylinder von der Länge des Sti
besteht und sich in einer Stopfbüchse, wie bei Bram
Presse, bewegt, ist eine wesentliche, in neueren Zeiten bei
Pumpen gewöhnliche Verbesserung.

Um eine für unseren Zweck genügende Vorstellung von
in neuester Zeit so sehr verbesserten Constructionen der W
sersäulenmaschinen zu erhalten, wird es genügen, eine von
durch v. Reichenbach angelegten kurz zu beschreiben.

---

1 Das Aufschlagwasser läfst man wohl allgemein, namentlich
den von v. Reichenbach erbaueten Maschinen, vorher durch meh
stets feinere, Siebe fallen; allein die Kieselerde ist mitunter so
dafs sie selbst durch Leinen dringt.

sich die Mühe giebt, die sämmtlichen, bei diesem Riesenbaue angebrachten Maschinen genau zu studiren, der gelangt hierdurch zur vollständigsten Kenntnifs alles dessen sowohl im Ganzen als auch in den einzelnen Theilen, was zur Construction derselben erforderlich ist. Bisher in der Hydraulik noch nicht versucht ist unter andern die Leistung einer derselben zu Hang, anderthalb Stunden von Berchtesgaden, welche die Soole vermittelst eines Druckwerkes durch einen Stiefel von 11,25 Zoll Durchmesser in 4,5 Zoll weiten Röhren von 3506 Fufs Länge zu einer senkrechten Höhe von 1218 Fufs hebt. Das hierzu gebrauchte Druckwasser fällt mit einem Gefälle von 24 Fufs wieder auf eine in jener Gegend unentbehrliche Mahlmühle zurück. Sie ist eine einfach wirkende, es dürfte aber angemessener seyn, eine doppelt wirkende, wie die zu Nagling, Weifsbach und Nösselgraben befindlichen sind, hier zu beschreiben[1].

Das Aufschlagwasser oder Druckwasser fällt aus einer Höhe von 140 Fufs durch die Röhre ab herab. Am Ende b dieser Röhre befindet sich ein (in der Zeichnung nicht angegebener) Hahn, welcher dazu dient, das Aufschlagwasser abzusperren. So wie die Kolben gezeichnet sind, gelangt das Wasser aus der Röhre b durch die Oeffnung i unter den Embolus fg des Kraftcylinders AB und treibt diesen in die Höhe, während das über demselben befindliche durch die Röhre h entweicht und aus der Oeffnung j in den Kasten 11; 11 abfliefst. Die nach unten verlängerte Stange dieses Embolus hat am untern Ende den Kolben m der Saug- und Druckpumpe l, welche gleichfalls doppelt wirkend ist. Durch die Bewegung derselben wird die Soole aus der Röhre rr' aufgesogen, gelangt in den Behälter D, von da in die Kugel u (einen Windkessel), und wird von hier aus in der Röhre yz zu Höhen emporgepreist, die zu Nagling 370 Fufs, zu Weifsbach 125 Fufs und zu Nösselgraben 400 Fufs betragen. Hat der Embolus fg seine gröfste Höhe erreicht, so werden die an einer gemeinschaftlichen Stange befestigten Kolben e und d plötzlich

Fig. 92.

[1] Nach v. Langsdorf's Maschinenkunde. Bd. I. S. 746. Von dieser entnommen aus der deutschen Uebersetzung von Villeroy's Werke, welche ich nicht zur Hand habe. Vergl. Dingler's polytech. Journ. Th. IX. S. 145.

herabgedrückt, so dafs d unter die Röhre i und e da unter die Röhre h zu stehen kommt. Hiernach fliefs unter dem Embolus f g befindliche Wasser durch die R und die Oeffnung j in den Kasten 11; 11, das Druckv aus der Röhre b gelangt dagegen durch die Röhre c übe Embolus e weg durch die Röhre h in den oberen The Druckcylinders A, und drückt den Embolus f g mit gl Kraft, als er vorher gehoben wurde, wieder herab. Gleich mit diesem Embolus geht auch der Kolben m der Saug- Druckpumpe F herab, saugt die Soole aus dem Kasten I wobei das Ventil t sich schliefst, das Ventil x aber sich und drückt die unter ihm befindliche Soole durch die Oef u in einen gleichen Kasten, als D, welcher hinter diesem und dessen Einflufsröhre bei r, dessen Ausflufsröhre aber mit den gezeichneten vereint sind. Dieses Wechselspiel, ches sich ohne Unterbrechung wiederholt, wird durch kleine Wassersäulenmaschine bewirkt, die sich in dem Cy E befindet, und deren Kolben k an der nämlichen Stange sitzt, an welcher sich die beiden Kolben e und d befi Das Wasser wird dieser kleinen Maschine durch die Rö zugeführt, und tritt durch die Röhre 7 oder 8 unter oder den Kolben k, je nach der Drehung des Hahns 6, fliefs durch eben diese Röhren und die Röhre 10 in den Kast ab. Die Steuerung des Hahns 6 wird auf verschiedene bewirkt, bei der hier gezeichneten geschieht sie auf fol Weise. In dem gewählten Momente des Aufsteigens des bens f g hat der Hahn 6 die durch die Figur P darge Fig. 93. Lage, indem das Wasser aus der Röhre 9 durch den Hah die Röhre 8 unter den Kolben k gelangt ist und diesen Höhe gehoben hat, das Wasser über demselben aber dur Röhre 7 und den Hahn 6 in die Röhre 10 getreten, u dieser in den Kasten 11 abgeflossen ist. Hierbei beze die punctirte Linie 5 die Stellung des Hahnschlüssels. Kolben g f im Begriff, seinen höchsten Stand zu erreiche drückt die an seiner Stange befindliche Scheibe 1 gege schiefen Arm 2 an der verticalen Stange 3 und drehet diese tere um ihre verticale Axe, und damit zugleich den A dessen äufserstes Ende den Schlüssel 5 in einer Gabel hält, in einer horizontalen Ebene so weit herum, bis e nige Stellung annimmt, die in der Figur Q ausgedrü

Das Wasser dringt durch die Röhre 9 und den Hahn in die Röhre 7, gelangt hierdurch über den Kolben k und drückt ihn nieder; das unter ihm befindliche Wasser aber fliefst durch das Rohr 8, den Hahn und die Röhre 10 in den Kasten 11. Indem der Kolben f g herab, so erreicht am Ende des Niederganges die Scheibe 1 den Arm 12, und der Hahn erhält durch eine entgegengesetzte Drehung die in P angegebene Lage wieder.

Die wesentlichste Verbesserung der neuerdings errichteten Wassersäulenmaschinen beruhet auf der Anbringung des Windkessels, welcher verhütet, dafs die Säule der zu hebenden Flüssigkeit ganz zum Stillstande kommt und bei dem Wechsel des Pumpenganges aus der Ruhe wieder in Bewegung gesetzt werden mufs. Aus gleichem Grunde haben die doppelt wirkenden Maschinen einen entschiedenen Vorzug, denn bei den einfach wirkenden kommt das Wasser der Drucksäule während des Rückganges des Embolus gleichfalls zum Stillstande, die Hemmung seiner Bewegung, hauptsächlich wenn diese in nicht zu weiten Röhren etwas schnell ist, wirkt nachtheilig auf die Maschinentheile, und ist die Druckwassersäule einmal zum Stande gekommen, so dauert es bei bedeutenden Höhen lange, bis die unten beginnende Bewegung sich bis zum Wasserspiegel fortpflanzt. Will man keine doppeltwirkende wählen, und scheinen statt der Kolben die in Stopfbüchsen sich bewegenden Cylinder vorzüglicher, so ist es räthlich, zwei einfachwirkende Cylinder so zu verbinden, dafs das Aufsteigen und Niedergehen beider Kolben wechselt. Weil das Wasser bei seiner Bewegung in Röhren um so viel mehr an Geschwindigkeit verliert, je länger die Röhren und je mehr sie gekrümmt sind, so steigt die Wirksamkeit der Wassersäulenmaschinen in dem Verhältnisse, als die Zuleitungsröhre sich der geraden, wagrechten Linie nähert. Sind Biegungen und geneigte Richtungen unvermeidlich, so dürfen jene nicht einen spitzen, überhaupt keinen scharfen Winkel bilden; besser ist es dagegen, mehrere Krümmungen zu wählen. Beiden Hindernissen endlich wird durch gröfsere Weite der Röhren am besten begegnet. Sind alle Maschinentheile gut eingerichtet, so kann man 0,4 bis 0,5 der theoretisch bestimmten Druckkraft erreichen[2]. *M.*

[1] Vergl. Art. **Röhre.** Bd. VII. S. 1413.

[2] Die vorzüglicheren Werke, worin man mehr oder minder vollständige Belehrung über den Bau dieser Maschinen nebst den erläu-

ternden Zeichnungen findet, so wie auch Berechnungen des Nu
tes, den sie leisten, sind folgende. Handbuch der Mechanik
F. Ritter v. Gerstner. Wien 1834. 4. Bd. III. S. 355. Alle e
Theile der älteren Wassersäulenmaschinen sind in genügend
Maſsstabe auf den zugehörigen Tafeln gezeichnet, namentlich
sie sich zu Kreuth an der dortigen Maschine befinden; der T
hält eine genaue Beschreibung derselben und allgemeine Form
Berechnung des Nutzeffectes, zugleich mit Anwendung auf di
Erfahrung gefundenen Resultate. Die Hauptschwierigkeit die
rechnungen liegt in der nur schwer scharf zu bestimmenden R
Lehrbuch der Hydraulik, mit beständiger Rücksicht auf die Erf
Von C. Ch. Langsdorf. Altenb. 1794. 4. S. 362. Man findet e
taillirte, durch Figuren erläuterte, Beschreibung der Höll'sch
schine zu Schemnitz, und allgemeine Formeln zur Berechnu
Nutzeffectes. Einen Auszug aus dieser Beschreibung und eine
der dort gezeichneten Maschine giebt Poppe in: Encyklopädie
sammten Maschinenwesens. Leipz. 1810. Th. V. S. 394. Sehr a
lich und gründlich ist der Gegenstand behandelt in: Ausfu
System der Maschinenkunde mit speciellen Anwendungen bei
faltigen Gegenständen der Industrie. Von K. C. v. Langsdorf
delb. 1826. 4. Bd. I. S. 729. Hierin findet man zuerst all
Betrachtungen mit Beziehung auf das Lehrbuch der Hydraulik
eine ausführliche, aus dem sogleich zu nennenden Werke entn
Beschreibung der merkwürdigen Anlagen, die zu Reichenhall,
tesgaden u. s. w. gröſstentheils durch v. Reichenbach ausgeführt
sind. Da die Leitung der Soole über Berge und Thäler geführt ist,
sich hiernach ihre unglaubliche Länge schon im voraus ahn
nicht minder die Menge der Wasserkünste, die zu ihrer He
forderlich sind. Von der Grube oder den Reservoiren bei B
gaden bis nach Reichenhall beträgt die Länge der Leitung 972
sche Fuſs, und die Soole wird auf dieser Strecke in drei
zuerst 50 Fuſs, dann 311 Fuſs und endlich 1218 Fuſs se
Höhe gehoben. Die zweite Strecke von Reichenhall bis Ham
eine Länge von 72618 Fuſs, und es finden sich auf derselben
gen, die erste von 44 Fuſs, die zweite von 190, die dritte v
die vierte von 400, die fünfte von 125 und die sechste von 8
Von hier aus geht eine, schon früher angelegte, Leitung zur Sal
Traunstein, die neuere aber, von Hammer bis Rosenheim, h
Länge von 200190 Fuſs, und die Soole wird auf dieser letzten
fünfmal, zu Siegsdorf 200 Fuſs, zu Klaushäusel 175 Fuſs, zu R
200 Fuſs, zu Mühlthal 180 Fuſs und zu Rosenheim 44 Fuſs g
Die ganze Länge der Leitung beträgt sonach 370089 baiersch
der Höhen-Unterschied vom Anfangspuncte zu Berchtesgad
Rosenheim ist 282 Fuſs, weil aber abwechselnd Berge und
übersetzt werden müssen, so beträgt die Gesammtsumme der He
die durch die verschiedenen Maschinen erzielt wird, 3727 Fuſs.
dorf giebt aufserdem eine kurze, durch Figuren erläuterte, Be
bung der Wassersäulenmaschine zu Bleiberg in Kärnthen, und

praktische Bemerkungen nebst Formeln zur Berechnung des Nutzeffectes. Zu den gehaltreichsten Werken über diesen Gegenstand gehört ferner: De la Richesse minérale u. s. w. par A. M. Héron de Villefosse. Par. 1819. 4. T. III. p. 115. Hier findet man aufser allgemeinen Bemerkungen die durch schöne Zeichnungen erläuterten Beschreibungen der Wassersäulenmaschine auf dem Harze, der von Baldauf für das Bergwerk Beschertglück im sächsischen Erzgebirge construirten, so wie auch der eben erwähnten zu Berchtesgaden und zu Bleiberg in Kärnthen. Bei weitem nicht erschöpfend über diese Maschinen handelt Bouchu in: Traité complet de mécanique, und zwar in: Théorie de la mécanique usuelle. Par 1821. 4. p. 172, wo man blofs einige allgemeine Bemerkungen findet, und in: Machines hydrauliques. Par. 1819. 4. p. 84, wo die Maschinen von Denizart und de la Duaille, nach Belmen's Angaben, und die von Höll beschrieben und durch keineswegs genügende Figuren erläutert werden. Nur dürftig ist ferner die Aufgabe behandelt in: Traité de Mécanique industrielle etc. Par M. Christian. Par. 1822. 4. T. I. p. 892. Durch zwei Figuren werden eine einfache und eine doppeltwirkende Maschine in ihren Haupttheilen nach der neuesten Construction erläutert, aus denen man einen allgemeinen Begriff ihres Baues entnehmen kann, indem sie eine deutlichere Vorstellung geben, als man aus der allzukurzen Beschreibung zu erhalten vermag. Reichhaltiger ist Hachette Traité élémentaire des Machines. 4me édit. Par. 1828. 4. Dieser beschreibt p. 165 u. 318 die zuerst bekannt gewordene Maschine nach Belidor Architectura hydraulica. Par. 1736 u. 1737. IV T. 4. und erläutert ihren Bau durch zwei instructive Figuren, woraus man ersieht, dafs hierbei schon der Windkessel angebracht ist. Es war daher Unkunde der Sache, dafs dieser bei den späteren Maschinen weggelassen wurde. Aufserdem findet man eine sehr kurze Beschreibung der durch v. Reichenbach in Baiern angelegten und der von Tarvitsics (in Nicholson's Journ. T. I. in 8. 1802) in Vorschlag gebrachten Maschinen, beide durch hinlänglich instructive Figuren erläutert, ohne jedoch die Haupttheile genau darzustellen. Gueniveau Essay sur la science des Machines steht mir nicht zu Gebote. Ueber die von Junker zu Huelgot im Dp. Finistere angelegte Wassersäulenmaschine und überhaupt über den Bau und die Wirkungen dieser Maschinen findet sich viel Belehrendes in Ann. des Mines 1835. T. VIII. Livrais. IV. p. 95. Liv. V. p. 247. Liv. VI. p. 369. Die älteren Werke, worin über diese Maschinen gehandelt wird, sind für den Zweck einer gründlichen Belehrung wegen der zahlreichen und höchst wichtigen neueren Verbesserungen ganz ungenügend. Dahin gehört: Calvör Beschreibung des Maschinenwesens auf dem Oberharze. Braunschw. 1763. Fol. Th. I. S. 163 u. 176. Delius Anleitung zu der Bergbaukunst. Wien 1773. 4. S. 379. F. L. Lasius's Erste Gründe der Berg- und Salzwerks-Kunde. Frankf. 1779. 4. Th. VII. S. 176. J. J. Ferber's physicalisch-metallurgische Abhandlungen über die Gebirge und Bergwerke in Ungarn. Berl. u. Stett. 1780. 8. S. 63. Büsch Mathematik zum Nutzen und Vergnügen u. s. w. Hamb. 1799. Th. II. S. 505. u. a. m.

Wasserstoff.

Hydrogenium; Hydrogène; *Hydrogen.*

Ein nicht metallisches, für sich blofs in Gasform bel
Element, welches vorzüglich im Wasser und in orga
Verbindungen vorkommt. Man stellt es gewöhnlich da
Auflösen von Zink in verdünnter Schwefelsäure in einer
entwickelungsapparate, wobei der Sauerstoff des Wassers
Zink tritt und der Wasserstoff sich entwickelt.

Das specifische Gewicht dieses Gases beträgt nur
es ist daher von allen wägbaren Stoffen der leichteste;
farblos, im reinen Zustande geruchlos und beim Einathme
von negativ schädlicher Wirkung.

Der Wasserstoff bildet mit dem Sauerstoff das Was
das Wasserstoffhyperoxyd.

Wasser (1 Wasserstoff auf 8 Sauerstoff). Das Gemen
2 Mafsen Wasserstoffgas und 1 Mafs Sauerstoffgas, die
luft, verdichtet sich, wenn die Verbindung der beiden
durch höhere Temperatur, Elektricität, Platin u. s. w.,
leitet wird, unter bedeutender Wärmeentwickelung voll
zu Wasser. Die rasche Verbindung erfolgt in einem
völlig verschlossenen Raume unter lebhafter Explosion,
der sich bildende Wasserdampf, durch die entwickelte
in den Zustand der höchsten Weifsgluth versetzt, ei
gröfsere Elasticität besitzt, als die Knallluft, aus der
stand[1]. Wegen der starken Feuerentwickelung, wov
Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff begle
dient die Knallluft zur Erzeugung eines der höchsten H
im *Knallgasgebläse*[2].

Man befreiet das Wasser von wenigen flüchtigen
nigkeiten durch Destillation in metallischen Gefäfsen,
lirtes Wasser, und von absorbirter Luft durch länger
setztes Kochen, *ausgekochtes Wasser*. Von seinen
schaften im starren, tropfbaren und elastischen Zustan
schon an andern Orten die Rede.

Das Wasser wird durch den elektrischen Strom in

1 S. Art. *Pistole, elektrische.* Bd. VII. S. 573.
2 S. Art. *Gebläse.* Bd. IV. S. 1158.

...gasigen Bestandtheile zersetzt, ferner durch viele Metalle und ...erstoff, theils bei gewöhnlicher Temperatur, theils in der ...itze, in gebundenen Sauerstoff und in Wasserstoffgas, ...n Chlor im Licht in gebundenen Wasserstoff und in Sauer... ...s; bei der Zersetzung durch Phosphorcalcium und ei... ...andere Stoffe treten beide Bestandtheile des Wassers in ...Verbindungen.

Das Wasser bildet theils innigere, proportionirte Verbindungen, ...sere, mit, nach veränderlichem Verhältnisse, überwiegendem ...

...n ersteren gehören die *Hydrate*, worunter vorzüglich ...ungen von 1 Atom Säure oder Salzbasis mit 1 Atom ...er verstanden werden, z. B. Vitriolöl, 1 Atom Schwe... ...auf 1 Atom Wasser haltend, Aetzstein, aus 1 Atom ...und 1 Atom Wasser bestehend. In den Hydraten der ...n vertritt das Wasser die Stelle einer Basis, in den Hy... ...der Basen die einer Säure. Manche Hydrate verlieren ...n der Glühhitze ihr Wasser, einige bei keiner Tempera... ...rem Theil, weil sie bei zu hoher unzersetzt verdampfen, ...die zwei genannten. Man hat auch zwei Hydrate von einfa... ...Stoffen, das Brom- und das Chlorhydrat, die aber 10 ...Wasser in einer loseren Verbindung enthalten.

Weniger innig, aber noch proportionirt, sind die Verbin... ...n, in welchen das Wasser als *Krystallwasser* oder *Kry*... ...enthalten ist. Sie kommen vorzüglich bei Säuren, Ba... ...Salzen und organischen Verbindungen vor. Solche Stoffe ...fen häufig aus einer wässerigen Lösung in Verbindung ...er bestimmten, je nach der Natur der Stoffe von 1 bis ...en variirenden Menge Wasser an. So giebt 1 Atom ...säure mit 2 Atomen Wasser grofse Krystalle, desglei... ...1 Atom Kali mit 5 Atomen Wasser. Beim Erhitzen ...loser gebundene Krystallwasser hinweg, bei der Schwe... ...1 Atom, bei dem Kali 4 Atome betragend, und das ...gebundene 1 Atom Hydratwasser bleibt. Manche Salze ...siren je nach der Temperatur bald ohne, bald mit Was... ...und im letzten Falle oft mit verschiedenen Mengen, z. B. ...salz bei 100° ohne Krystallwasser, bei 12° mit 8, bei ...erer Temperatur mit 10 Atomen, aber in jedem dieser drei ...de besitzt es eine verschiedene Krystallform. Manche ...verlieren ihr Krystallwasser schon beim Aussetzen an die

Luft, um so schneller, je trockener und wärmer sie ist, werden dadurch undurchsichtig und zerreiblich, *verwitt* Salze. Beim Erhitzen verlieren alle Krystalle ihr Krystal ser, wobei sie, wenn das Wasser mehr beträgt, oft in *wässerigen Flufs* kommen, indem das erhitzte Wasse dem Salze eine Lösung bildet. Das nach dem Entweiche Wassers bleibende feste Salz kann dann in der Glühh den feurigen Flufs kommen. Der Gyps verliert seine 2 Krystallwasser noch weit unter der Glühhitze und wir durchsichtig und zerreiblich. Hierauf gepulvert und mit ser gemengt bildet er zuerst ein breiförmiges Gemenge vo wässertem Gyps und Wasser; aber allmälig wird das W wieder als Krystallwasser aufgenommen, womit Erstarre Masse unter Ausdehnung erfolgt. Hierauf beruht die A dung des gebrannten Gypses zum Abformen u. s. w.

Zu den loseren Verbindungen des Wassers gehöre welche es mit gasförmigen Stoffen eingeht[1], und die Aufl gen verschiedener starrer oder tropfbarer Säuren, Salz Salze, organischer Verbindungen u. s. w. im Wasser. welche das Wasser aus der Luft aufnehmen, um eine w rige Lösung zu bilden, heifsen *zerfliefsende Stoffe*.

Von den meisten dieser Stoffe löst das Wasser um so je höher die Temperatur ist. Die Ausnahmen von dieser sind früher beleuchtet worden[2]. Bei einigen Salzen nimm Löslichkeit mit steigender Temperatur in einem einfachen hältnisse zu. So lösen nach Gay-Lussac 100 Theile Was 0° C. 29,25 Theile Chlorcalium, und für jeden Grad Tem turerhöhung 0,2738 Theil weiter. Bei andern Salzen, w Salpeter, steigt die Löslichkeit mit der Temperatur in viel stärkeren Verhältnisse.

Wasserstoffhyperoxyd (1 Wasserstoff auf 16 Sauer Die Darstellung dieses, von Thénard entdeckten Körpe ruht im Allgemeinen darauf, dafs man Baryumhyperox wässeriger Salzsäure löst, wobei sich salzsaurer Baryt während das zweite Atom Sauerstoff des Baryumhyperoxy einen Theil des mit der Salzsäure verbundenen Wasser und diesen in Wasserstoffhyperoxyd verwandelt. Doch i

1 S. Art. *Absorption*. Bd. I. S. 41.

2 S. Art. *Verwandtschaft*. Bd. IX. S. 1983.

Darstellung desselben in reiner Gestalt sehr schwierig und umständlich. Es ist eine wasserhelle dünne Flüssigkeit von 1,452 specifischem Gewicht, geruchlos, von herbem, bitterm Geschmack, die Zunge weifs machend, und auf die Haut gebracht die Oberhaut weifs machend und Jucken erregend. Diese Verbindung hält das zweite Atom Sauerstoff äufserst lose gebunden und entwickelt dasselbe bei verschiedenen Veranlassungen in Gasgestalt unter einem bis zur Explosion sich steigernden Aufbrausen und unter starker Wärme- und selbst oft Lichtentwickelung[1]. An schweflige Säure tritt sie den Sauerstoff ruhig ab, dieselbe in Schwefelsäure verwandelnd.

Die übrigen Verbindungen des Wasserstoffs sind:

1) Die Wasserstoffsäuren, welche in der Regel 1 Atom Wasserstoff auf 1 Atom Radical, wie Hydrothion-, Hydrocelen-, Hydriod- und Hydrochlorsäure, selten auch mehrere Atome Radical enthalten, wie hydrothionige und hydriodige Säure. 2) Das Ammoniak. 3) Neutrale, brennbare Gase, wie ölerzeugendes Gas, Kohlenwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas, Arsenikwasserstoffgas, Antimonwasserstoffgas. 4) Starre Verbindungen, wie Wasserstoffarsenik, Wasserstoffkalium. 5) Organische Verbindungen. *G.*

Wasserwaage.

Libelle; *Libella, Libra aquaria*; Niveau; *Spirit level.*

Dieses sehr gebräuchliche Instrument dient dazu, eine genau horizontale Ebene zu erhalten. Man erreicht den nämlichen Zweck, aber weit minder genau, durch die sogenannte *Bleiwage, Setzwaage, Schrotwage*, deren sich für gröbere Messungen die Maurer beim Bauen, die Schreiner beim Legen der Fufsböden und sonstige Handwerker bedienen, inzwischen sind diese Apparate so gemein und so bekannt, dafs es nicht nöthig schien, ihnen eigene Artikel zu widmen. Die gewöhnlichen bestehn aus einem dreieckigen Brete oder einem aus drei Leisten zusammengesetzten gleichschenkeligen Dreieck, an des-

1 S. Art. *Verwandtschaft*. Bd. IX. S. 1985 u. 2011.

sen oberer Spitze ein Senkel mit einer Bleikugel herabhä
die in einer Vertiefung in der Mitte derjenigen Seite einsp
welche dazu bestimmt ist, auf die zu prüfende Fläche ge
zu werden. Auf die Mitte dieser Seite ist eine Linie gezo
welche mit jeder Hälfte dieser Seite einen rechten Winkel
det, und der im obern Ende dieser Linie befestigte Faden
Senkels mufs daher diese Linie decken, wenn die untere S
des Dreiecks, auf welcher die Linie lothrecht steht, sich i
ner horizontalen Ebene befindet. Solche Waagen hielt I
FOLD[1] für der Mühe werth zu beschreiben, und man bedi
sich ihrer auch zum Nivelliren, doch verfertigte man sie
diesem Zwecke auch von Metall und feiner gearbeitet.
CARD[2] versah sie mit Dioptern, um damit zu nivelliren,
man brachte unter ihnen ein Fernrohr mit einem Fadenkr
an, liefs auch wohl die Spitze des Senkels auf einem Grad
gen spielen, um die mit der horizontalen Linie gebild
Winkel zu messen, sonstiger Verbesserungen nicht zu ge
ken[3]. Eine andere Art von Nivellirwaagen sind die Här
waagen, welche aufgehangen sich durch ihr eigenes Gew
so stellen, dafs die Visirlinie der Dioptern oder die Axe
Fernrohrs in eine horizontale Linie zu liegen kommt.

Unter die älteren Apparate dieser Art gehören auch
sogenannten *Canalwaagen*, eine blecherne Röhre, an je
Ende mit einer vertical aufstehenden Fassung, in welche
etliche Zoll hohe Glasröhre gekittet ist. Sie gehören dem W
sen nach zu den communicirenden Röhren, in deren Schenk
bekanntlich jede Flüssigkeit gleich hoch steht, und demn
müssen die Enden der Wassercylinder in den beiden Glasröh
in einer horizontalen Ebene liegen, über welche man hin vi
Grofse Genauigkeit kann dieses aber nicht geben, denn th
ist die Capillaranziehung in den Glasröhren, auch wenn
hinlänglich weit sind, wegen unvermeidlichen Schmuzes

---

1 Theatr. Statici universalis P. IV. seu Theatr. horizontost
cum. Leipz. 1726. fol.

2 Traité du Nivellement. Par. 1684. u. 1728. 12. Uebers.
PASSAVANT. Berlin 1749. 8. Mit neuen Beiträgen von LAMBERT. 177(

3 Vergl. LAMBERT Nouveau Traité du nivellement. Potsdam 17
8. BÖHM Gründliche Anleitung zur Mefskunst auf dem Felde. Fra
a. M. 1759. 2te Aufl. 1779.

...es nicht absolut gleich, theils ist es schwer, die Tangente ... beiden Enden der Wassercylinder in den runden Glasröh... scharf zu treffen, was vermuthlich leichter seyn würde, ... die Flüssigkeit bis zur Undurchsichtigkeit gefärbt wäre, ... zu gedenken, dafs die Wandungen des Glases bei so ... möglicher ungleicher Dicke den Lichtstrahl brechen. Man ... daher schon vor langer Zeit auf die Idee, die Dioptern auf dem ... schwimmen zu lassen, welches namentlich DE LA HIRE[1] ... schlag brachte; dem Gebrauch solcher Apparate steht aber ... fse Beweglichkeit des Wassers, und ihrer Genauigkeit ... stand entgegen, dafs sich an die Schwimmer leicht Staub ... Schmutz, oder auch Luftblasen ansetzen, die das Einsinken ... bedingen. Weit vorzüglicher ist daher die von ... in Vorschlag gebrachte *Quecksilberwaage* (*Mercurial* ..., deren Bau aufserdem sinnreich von ihm angegeben ... Sie besteht aus einem 12 bis 18 Zoll langen, 2 bis 3 ... breiten Kästchen aus hartem Holze. An beiden Enden ... sich viereckige Vertiefungen, die durch einen engen ... dicht über dem Boden des Kästchens mit einander com... ... und für gewöhnlich oben durch genau passende ... verschlossen sind. Gielst man in eine der Vertiefungen ..., so steht dieses in beiden gleich hoch und die ... schwimmenden Dioptern geben die horizontale Linie. ... Dioptern sind von Messing, und jede ist auf einem höl... oder elfenbeinernen Würfel befestigt, welcher in die ... gleichen Vertiefungen so genau pafst, dafs er blofs in ... Richtung aufsteigt oder herabsinkt. Hölzerne Würfel ... der Ausdehnung durch Feuchtigkeit ausgesetzt, und man ... daher meistens elfenbeinerne; Glas würde sich noch bes... dazu eignen. In der Mitte des Kästchens oder vielmehr ... übrigens massiven Klotzes ist ein durch einen Deckel ver... ... Behälter, um beim Transporte die Dioptern und das ... mit Quecksilber aufzunehmen. Bei dem grofsen specifi... Gewichte des Quecksilbers könnten die Würfel auch ... Fernrohr mit Kreuzfaden tragen, und hierdurch würde der

---

1 Mém. de l'Acad. des Sc. 1704. Solche Nivellirinstrumente finden man in PICARD's Werke, in LEOPOLD Theat. horiz. u. a. a. O.

2 Edinb. Philos. Trans. 1790. T. II. Gotha'sches Magaz. Th. VII. St. 4. S. 104.

Apparat eine noch gröfsere Brauchbarkeit erhalten. Zu trole kann man die Schwimmer mit den Dioptern verwe

Die jetzt faſst ausschlieſslich gebräuchlichen Wasser sind mit Wasser oder vielmehr allezeit, zur Verhütu Gefrierens, mit Alkohol gefüllte Apparate, welche auf de turgesetze beruhn, dafs die Oberfläche jeder Flüssigkeit liebigen Gefäfsen eine horizontale Ebene bildet. Wer der Alkohol durch die Wandungen des Gefäfses in Fol Adhäsion etwas in die Höhe gehoben wird, so bleibt Mitte eine geringe Vertiefung, und nach der Bedeckur Oberfläche eine gröfsere oder geringere Luftblase, und man diejenigen Apparate, die im Deutschen, wiewohl selten, *W waagen mit Luftblase*, im Französischen *Niveau à bulle* genannt werden. Da die Form des Gefäfses willkürlich könnte es hiernach sehr verschiedene Arten geben, ma deren aber nur zwei, *Dosenlibellen* und *Röhrenlibellen*. Dosenlibellen bestehn aus einer messingnen Dose von 2 Zoll Durchmesser und 0,5 bis 1 Zoll Höhe. Ihre Obe ist mit einer fest eingekitteten oder aufgeschliffenen, kurz serdicht schliefsenden Scheibe von Spiegelglas bedeckt, ihrer Mitte mit einem Pünctchen und mit einem oder zw dieses gezogenen Kreisen von 2 bis etwa 12 Lin. Durchm versehn ist, um schärfer wahrzunehmen, ob die Luftblase genau unter der Mitte der Glasscheibe befindet. Im Bode Dose ist in der Mitte eine durch eine Schraube verschl Oeffnung, durch welche man den inneren Raum der Dos Alkohol füllt, bis nur noch ein kleiner Raum leer bleibt nach dem Umkehren der Dose unter der Glasscheibe eine L blase bildet. Wenn man nun annimmt, dafs der Ran nach der Mitte zu vertieften Bodens der Dose mit der G scheibe genau parallel ist, so mufs die Luftblase gerade in Mitte unter der etwas weniges convexen Glasscheibe zum S stande kommen, sobald die Dose auf einer genau horizon Ebene steht. Dieser Parallelismus wird durch geübte Kün hergestellt, und man kann daher die Ebenen, auf welche diese Dosen setzt, dadurch horizontal stellen, dafs man si lange richtet, bis sich die Luftblase genau in der Mitte r einstellt. Die Dosenlibellen haben den grofsen Vorzug Bequemlichkeit; da aber die Empfindlichkeit der Libe überhaupt der Länge ihrer Durchmesser proportional zunim

so können diese auf keine hohe Empfindlichkeit Anspruch machen.

Um diese zu erhalten, wählt man die *Röhrenlibellen*, die sich von den gröberen bis zu den empfindlichsten in vielen Abstufungen herstellen lassen. Die gewöhnlichen bestehn aus mindestens 3 oder 5 bis 8 Zoll langen und 2 bis 8 Lin. weiten Glasröhren, die mit Alkohol bis auf eine kleine zurückbleibende Luftblase nachgefüllt und an beiden Enden zugeblasen werden. Dieses Zublasen hat den Vortheil, dafs kein Alkohol entweicht und die Luftblase daher ihre anfängliche Gröfse stets beibehält, aufser sofern diese durch die Temperatur und die hieraus folgende Ausdehnung des Weingeistes bedingt wird; allein bei 12. bis 14 und sogar 16 Lin. weiten Röhren hat dieses Zublasen grofse Schwierigkeiten. Will man bei den bessern Röhrenlibellen die Empfindlichkeit vergröfsern, so geschieht dieses durch vermehrte Beweglichkeit des Weingeistes und durch Verlängerung der Röhren. Die Beweglichkeit wird vermehrt, wenn man die Röhren inwendig ausschleift, ohne sie nachher wieder fein zu poliren; der Alkohol legt sich dann leichter an die Wandungen an, und die Blase wird dadurch beweglicher. Lassen sich die weiten Röhren, wenn sie noch obendrein von dickem Glase sind, nicht wohl zublasen, so schleift man ihre Oeffnungen an beiden Enden stark konisch, schleift eine genau hineinpassende konische Spiegelglasscheibe, trägt auf den Rand einen schnell trocknenden Kitt aus Leinölfirnifs und Silberglätte, und verschliefst auf diese Weise die eine Oeffnung, füllt die Röhre mit Alkohol, zündet diesen an, um in der Libelle ein Vacuum zu erhalten, und wenn der Alkohol so weit verzehrt ist, dafs nach der Abkühlung nur noch eine gehörig grofse Luftblase zurückbleiben würde, so drückt man die vorher mit Kitt versehene Scheibe hinein, die dann nach dem Erkalten noch obendrein durch den äufseren Luftdruck festgehalten wird. Nicht selten entweicht aber dennoch allmälig etwas Alkohol, und es erfordert dann grofse Vorsicht, das eine Ende zu öffnen, etwas Alkohol nachzufüllen, und die Röhre auf die angegebene Weise wieder zu verschliefsen. Solche gröfsere Röhren werden allezeit inwendig ausgeschliffen.

Nach der Verfertigung der Röhren, die man auch für sich allein *Libellen* nennt, werden sie gefafst, das heifst, man steckt

sie in messingne, an beiden Enden mit einem Deckel
schlossene Röhren, die in der Mitte zu ungefähr zwei
teln ihrer ganzen Länge bis etwa zu einem Fünftel bis
Drittel ihrer Dicke so weggeschnitten sind, dafs man
Spiel der Luftblase durch diese Oeffnung beobachten kann.
vorgerichtet werden sie entweder auf den Flächen, deren
rizontalität sie anzeigen sollen, festgeschraubt, oder m
Haken an die Axen der Mefsinstrumente aufgehangen, od
beiden Enden mit Füfsen versehn, um sie auf die zu pr
den Flächen zu stellen. Meistens sind sie zugleich mit
rectionsschrauben versehn, um geringe Fehler zu corri
falls sie nicht gehörig rectificirt seyn sollten. Dabei ist
gendes zu bemerken. Denken wir uns, dafs die obere B
rungslinie der Flüssigkeit und des Glases eine genau hor
tale wäre, so würde zwar die Luftblase bei der gerin
Neigung der Libelle sich sofort nach dem gehobenen End
bewegen, allein auf einer genau horizontalen Ebene könnt
Blase an jeder Stelle der ganzen Röhrenlänge zum Stills
kommen, was die Messung mit ihnen unnöthig erschweren
durch zu grofse Empfindlichkeit fast unmöglich machen w
Befände sich nämlich die Blase am einen Ende der W
waage, so müfste man hieraus auf eine Erhöhung der zu
fenden Ebene nach der Seite der Luftblase hin schliefsen,
der Stand der Blase könnte auch blofse Folge des Zufalls
sie würde sich bei der geringsten Aenderung der Ebene
gleich ganz ans entgegengesetzte Ende begeben, dadurch
nämliche Ungewifsheit herbeiführen, und ihr Stand daher
von den Hindernissen ihrer Bewegung abhängen, sofern
absolute Horizontalität physisch überall nicht zu erreichen
Wäre dagegen die Röhre gekrümmt, die Convexität gegen
Mittelpunct der Erde gerichtet, so würde die Luftblase
stets an einem der beiden Enden derselben befinden, und
jeder, der Stärke ihrer Krümmung proportionalen Abweich
von der Horizontalität vom einen Ende zum andern übersp
gen, sie könnte in der Mitte nicht zum Stillstande komm
und der Apparat wäre gänzlich unbrauchbar. Hieraus er
sich, dafs die Röhre nothwendig etwas gekrümmt seyn m
und zwar die concave Seite dem Mittelpuncte der Erde zu
wendet. Eine absolut gerade Röhre wäre einem in sei
Schwerpuncte aufgehangenen Waagebalken zu vergleichen,

eine gekrümmte wird um so empfindlicher seyn, je geringer ihre Krümmung oder je länger ihr Krümmungshalbmesser ist. Da es wohl schwerer seyn dürfte, absolut gerade, als etwas gekrümmte Glasröhren zu bekommen, bei denen man blofs zu beachten hat, dafs die convexe Seite bei der Fassung nach oben zu liegen kommt, so hat diese Aufgabe gar keine Schwierigkeiten; wäre aber eine solche Röhre wirklich absolut gerade, so würde es zur Erreichung der sehr geringen Krümmung genügen, in die Mitte der Fassung unter die Röhre eine geeignete Unterlage so zu legen, dafs sie dadurch in der Mitte etwas in die Höhe, an beiden Enden aber etwas herabgedrückt würde.

Was noch weiter zur vollständigen Erörterung der Sache erforderlich ist, findet sich bereits oben[1] gesagt, und es werden daher hier folgende Bemerkungen genügen. Sind die Wasserwagen richtig, so ist es leicht, eine Ebene mittelst derselben horizontal zu stellen, ist jenes aber nicht der Fall, so müssen sie erst rectificirt oder corrigirt werden. Dieses geschieht allgemein dadurch, dafs man sie auf eine genau horizontale Ebene, meistens eine Spiegelglasscheibe, stellt, und an der Seite der Libelle, wohin die Blase aufsteigt, so lange wegnimmt, oder durch die Stellschraube so lange corrigirt, bis jene genau in der Mitte ruhig stehen bleibt. Bei den Dosenlibellen, die ohnehin auf einen sehr hohen Grad von Genauigkeit keine Ansprüche machen können, wird diese an sich leichte Operation blofs dadurch etwas erschwert, dafs man von dem gröfsten Theile der unteren kreisförmigen Fläche wegnehmen mufs, jedoch beträgt dieses nur wenig und geschieht meistens blofs durch Schleifen, wenn der Apparat ursprünglich genau gearbeitet ist. Bei den Röhrenlibellen sind in der Regel Stellschrauben zum Rectificiren angebracht, und wie dieses bei denen geschieht, die für feinere Mefsapparate bestimmt sind, ist bereits früher angegeben worden. Oft aber steht keine genau horizontale Ebene zu Gebote, und man mufs diese selbst erst mit einer unrichtigen Libelle herstellen, letztere aber zugleich rectificiren. Die Regeln für dieses Verfahren giebt die einfache Betrachtung, dafs der Fehler der Ebene sich dadurch offenbart, dafs beim Umdrehen der Libelle die Blase nach entgegengesetz-

[1] S. Art. *Nivelliren*. Bd. VII. S. 93 ff.

ten Enden der Röhre sich bewegt, statt dafs der Fel
Libelle sich durch das Aufsteigen derselben nach dem
chen Ende kund giebt. Man zeichne daher auf der m
horizontal gelegten Spiegelglasplatte eine gerade Linie, s
Libelle so auf die Platte, dafs die verticale Ebene du
Axe der Libelle auch durch die gezogene Linie geht, d
Libelle in der horizontalen Ebene durch ihre Axe wie
um 180 Grade um, und beobachte dabei jederzeit der
der Blase. So lange diese sich bei diesem Wechsel ste
den entgegengesetzten Enden der Röhre bewegt, mufs d
der Glasplatte corrigirt werden, sobald aber die Blase si
nach der nämlichen Seite der Libelle bewegt, mufs
corrigirt werden, und zuletzt mufs man mit beiden Corre
so lange fortfahren, bis die Blase bei wiederholten Drel
stets in der Mitte der Röhre zum Stillstande kommt. B
feinen Apparaten mufs man zugleich einseitige Erwärmu
meiden, weil sich die Röhre sonst theilweise ausdehnt u
Luftblase zum erwärmten Ende hineilt. Ein ähnliches Ve
bringt man in Anwendung, wenn eine Nivellirwaage
werden soll. In diesem Falle stellt man das Instrume
und richtet das mit der Libelle verbundene Fernrohr so, d
Luftblase sich genau in der Mitte befindet, stellt vor den
jectivglase das Fernrohrs eine Latte vertical auf, und bez
diese genau in der Höhe der Axe des Fernrohrs mit ein
rizontalen Linie. Wird diese Latte in einer Entfernun
50 bis 100 Fufs und auch wohl darüber lothrecht aufg
so müfste bei vollkommener Horizontalität dieser beiden
oder der gegebenen Ebene und bei fehlerloser Messun
Höhe über dem Boden bis zur Axe des Fernrohrs, abg
von der Krümmung der Erde, der horizontale Spinnfad
Fernrohre mit dieser Linie zusammenfallen, und zwar
dann, wenn die Stationen verwechselt und das Nivelliri
ment an der Stelle der Latte und diese an der Stelle de
strumentes aufgestellt würde. Ein Fehler im Stande de
belle würde dagegen verursachen, dafs der horizontale S
faden im Fernrohre beim Wechsel der Stationen um gleiche
fernungen entweder über oder unter diese Linie fiele, und
könnte jenen Fehler dadurch beseitigen, dafs man die L
so lange corrigirte, bis dieses wegfiele. Ist aber die E
nicht genau horizontal, so fällt die Gesichtslinie durch den

feinsten Spinnefaden auf der einen Station ebenso weit über, als auf der andern unter diese richtige Mittellinie, und hieraus ergiebt sich die erforderliche Correction von selbst, welche darin besteht, dafs man mit den Stationen wechselnd nach der genannten Latte visirt, und das Fernrohr nebst der daran befestigten Libelle so lange auf der einen Station neigt und auf der entgegengesetzten erhebt, bis die Gesichtslinie des Spinnefadens jederzeit mit dem horizontalen Striche der Latte zusammenfällt. Ist dann die Libelle richtig, so mufs die Blase in beiden Fällen um gleiche Theile nach entgegengesetzten Seiten abweichen, der hierbei statt findende Unterschied aber wird an der Libelle corrigirt. Um den Werth der Abtheilungen zu bestimmen, die sich auf den feineren Wasserwaagen gezeichnet befinden, giebt Nixon[1] ein Verfahren an, welches mir aber keine Vorzüge vor dem gewöhnlichen bequemeren, oben bereits beschriebenen, zu haben scheint.

M.

Wellen.

Wogen, Undulationen, Vibrationen; *Undae, Undulationes, Vibrationes;* **Ondes, Vibrations;** *Waves, Vibrations.*

Unter Wellen verstand man in der früheren Zeit blofs die bekannten Wasserwellen, die sich auf Flüssen und hauptsächlich auf stehenden Gewässern um so viel gröfser zeigen, je ausgedehnter die Wasserfläche und je tiefer das Wasser ist; in neueren Zeiten aber hat man gefunden, dafs viele sonstige Erscheinungen auf wellenartigen Bewegungen beruhn. Cartesius nahm nicht sowohl Wellen, als vielmehr Wirbel in seinem fingirten Aether an; es lag in dieser Hypothese allerdings die sinnreiche Idee wellenartiger Bewegungen in ätherischen Flüssigkeiten, weil er aber zu viel daraus folgerte, so fand sie bei den meisten spätern Physikern keinen Beifall, aufser bei einigen wenigen, namentlich Huygens und L. Euler in Bezie-

---

1 Philos. Magaz. 1829. March. p. 175. Wiener Zeitsch. Th. VI. S. 92. Fechner Repert. Th. I. S. 5.

hung auf das Licht, vermuthlich deswegen, weil da gleichmäfsige Ausströmen eines um die Sonne angehäuften rischen Lichtstoffes ein wahrhaft unfafsbarer Begriff ist. darf jedoch nicht übersehn werden, dafs Newton die pflanzung des Schalles genau auf die Wellentheorie zu führte, und wenn seine Nachfolger dieses Element richti standen und hiernach die Schalllehre wissenschaftlich bea hätten, so würde dieses schon früher auf gleiche Weise zu richtigern Theorie des Lichtes geführt haben, wie es späte Chladni durch Thom. Young und seine Nachfolger geschah dieser Zeit ist die Wellentheorie so wohl für sich, als a ihren zahlreichen Anwendungen sehr vollständig ausgearbeite den, und es war daher bereits an verschiedenen Stellen dieses kes von den Lichtwellen, den ihnen sehr ähnlichen Scha len u. s. w., wie auch nicht minder von Wasserwelle führlich die Rede; es fehlt daher nur noch eine Untersu über die Wellen im Allgemeinen. Hierüber besitzen wi ein ebenso vollständiges als gründliches Werk von den Geb Ernst Heinrich und Wilhelm Weber[1], woraus geni Belehrung über diesen Gegenstand zu schöpfen ist. Da i zwischen bei einer neuen Bearbeitung dieses wichtigen Z der physikalischen Wissenschaften hinter dem bereits Ge ten zurückbleiben würde, diese Aufgabe aber der Vollstä keit wegen hier nicht fehlen darf, so ist es nicht blofs e sondern sogar nothwendig, die angezeigte classische Arbeit bei zum Grunde zu legen.

A. Wellen im Allgemeinen.

1) Um eine anschauliche Vorstellung von den Welle Vibrationen überhaupt zu erhalten, dient vorzüglich der ausführlich erzählte Versuch, wonach das Wasser in der wärts gerichteten Schenkeln einer heberförmig gebogenen in isochronischen Schwingungen aufsteigt und wieder sinkt. Hierbei, so wie beim Pendel, ist die Schwer jenige Kraft, welche den aus dem Zustande des Gleichgew

1 Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall- und Lic len. Leipz. 1825. 8.

2 S. Art. *Sprungkegel*. Bd. VIII. S. 979.

pünchten Körper wieder zu demselben zurückführt, die Elasticität wirkt auf gleiche Weise, die Trägheit oder das Beharrungsvermögen bewirkt in allen Fällen, dafs der bewegte Körper über den Zustand des Gleichgewichts, wie es bei seinem Laufen statt fand, hinausgerückt wird, bis die Bewegung durch die entgegenwirkende Kraft = 0 wird und letztere eine neue Bewegung erzeugt. Insofern aber die bewegende Kraft sich selbst stets gleich bleibt, so müssen in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden, alle Oscillationen daher isochronisch seyn, und abgesehn von den Hindernissen der Bewegung müfsten sie, einmal erzeugt, ins Unendliche fortdauern. Das letztere findet wirklich statt, hinsichtlich des Letzteren ist aber die Dauer den Hindernissen der Bewegung umgekehrt proportional.

2) Nach *Weber* giebt es zwei Arten schwingender Bewegungen, eine fortschreitende (*oscillatio progressiva*) und eine stehende (*oscillatio fixa*); die fortschreitende ist gleichbedeutend mit der Wellenbewegung (*motus undulatorius*), unter die stehenden gehören aber die so eben beschriebenen. Zur Erläuterung der fortschreitenden dient das Verhalten eines gespannten Seiles AB. Fig. 94. Stöfst man dasselbe in b plötzlich in die Höhe, so legt es sich in die Lage ab′c′d, zeigt aber, indem der Stofs sich nur allmälig fortpflanzt und das Seil successiv in die Lagen der punctirten Linien kommt, eine nach B fortschreitende schwingende oder Wellenbewegung. Ist die Ausbeugung bei B angekommen, so schreitet sie auf die nämliche Weise rückwärts in der Gestalt von k′l′g u. s. w. fort. Hierüber angestellte Versuche zeigen, bei einem 50 Ellen langen, einen halben bis ganzen Zoll dicken Seile eine und dieselbe Welle wohl 12- bis 16mal mit gleichbleibender Geschwindigkeit vorwärts und rückwärts laufend, indem jederzeit beim Vorwärtsgehn die Ausbiegung nach oben, beim Rückwärtslaufen nach unten gerichtet war. Hierbei schreitet die Bewegung nach der Länge des Seiles in der Art fort, dafs jeder einzelne Punct successiv sich hebt, beim Fortgange im höchsten Puncte und beim Rückgange im tiefsten zum Stillstande seiner Bewegung kommt. Ferner ist die Spannung nicht in allen Puncten des Seiles gleich grofs, vielmehr ist sie bei a am stärksten, dort wird die aufwärtsgehende Bewegung am frühesten wieder in eine rückwärtsgehende verwandelt, die Bewegung wird von A aus aufgehoben, während sie sich nach B

hin fortpflanzt. Hiernach mufs in jedem elastischen K wenn nicht Hindernisse dieses unmöglich machen, die e dene Schwingung sich fortpflanzen, und da die Bedin hierzu überall gegeben sind, so finden sich die fortsch den Wellen ungleich häufiger, als man meistens an indem man sie nur in der Luft bei der Fortpflanzung des les und auf dem Meere in den Wellen wahrzunehmen Inzwischen versuchte Dan. Bernoulli[1], diese Wellen, *oscillationes compositas* nannte, zu berechnen, indem e die Bewegungen der Glieder einer oscillirenden Kette o Kugeln, an einem biegsamen Faden aufgehangen, zum legte, auch L. Euler[2] behandelte dieses Problem, un zugleich bestimmt die fortschreitenden Wellen eines ges Seiles.

3) Die zweite Art der Schwingungen, die *stehende* gen sich vorzugsweise bei tönenden Körpern und werde bei am leichtesten und besten wahrgenommen; sie sin blofs bei festen und expansiblen Körpern möglich, s nach den Untersuchungen Weber's auch bei tropfbar gen, und unterscheiden sich durch folgende Umstände:

a) Bei der stehenden Oscillation eines Körpers fang Puncte desselben ihre Schwingungen gleichzeitig an, un enden sie auch in gleicher Zeit, bei der fortschreitende then sie successiv in Schwingung und die zuerst in Schw versetzten verursachen die der übrigen successiv.

b) Bei der stehenden Oscillation eines Körpers üb Puncte desselben wechselseitig einen gleich grofsen be den Einflufs auf einander aus, und deswegen ändert ein gender Punct durch Mittheilung der Bewegung die Schw benachbarter Puncte nicht ab; denn wenn jeder Punct v ihm benachbarten Puncten so viele bewegende Kraft ab erhält, als er ihnen selbst abgiebt, so behält jeder Pun Schwingung ungeändert bei. Dagegen ist die Spannun schen den Theilen, die zur Bildung einer Welle be ungleich grofs, und die Welle schreitet daher nach d hin fort, wo die Spannung zwischen den Theilchen

1 Comment. Petrop. T. VI. p. 108. T. VII. p. 162. p. 97.

2 Acta Petrop. pro anno 1779. p. 89. T. XVII. p. 404.

ist; es liegt also der Grund, warum jedes Theilchen der vordern Hälfte einer Welle sich bewegt, in dem überwiegenden Einflusse, den jedes hinter ihm gelegene Theilchen auf dasselbe ausübt.

c) Bei der stehenden Oscillation wird daher jedem schwingenden Theile von entgegengesetzten Seiten her eine gleich grofse Bewegung mitgetheilt, statt dafs den Theilchen eines Körpers, welche durch eine Wellenbewegung in Schwingung kommen, von der Seite her, von welcher die Welle kommt, nicht aber gleichzeitig von der entgegengesetzten, wohin die Welle geht, Bewegung mitgetheilt wird.

4) Die stehenden Wellen wiederholen sich, und dauern pendelartig fort, so lange bis die Hindernisse der Bewegung diese endlich aufhören machen. Eine deutliche Vorstellung ist leicht zu erhalten, wenn man sich eine gespannte Seite AB Fig. 95. denkt, die in den Puncten a und e unbeweglich befestigt ist. Wirkt eine bewegende Kraft auf alle ihre Theile, so werden diese sich von der ruhenden Lage oder der geraden Linie, die sie bildeten, entfernen, bis ihre Spannung die Bewegung aufhören macht, nachdem sie die möglichst gröfste Entfernung von der Lage der Ruhe angenommen haben; die Spannung macht sie dann sich rückwärts bewegen, bis sie in der Lage der Ruhe das Maximum ihrer Geschwindigkeit erhalten haben, und vermöge der Trägheit sich abermals über diese Lage hinaus bewegen, bis ihre Spannung sie an der entgegengesetzten Seite abermals zur Ruhe bringt und eine neue Oscillation eintritt. Da hierbei die Ursachen und Wirkungen stets gleich bleiben, so müssen diese Oscillationen isochronisch seyn und würden ohne vorhandene Hindernisse der Bewegung ins Unendliche fortdauern[1]. Wird dagegen die Bewegung im Puncte c gehindert, ist zugleich ac von gleicher Länge als ce, erhält der Theil ce gleichzeitig einen Stofs nach der entgegengesetzten Richtung, als ac, und ist endlich die Saite im Puncte c nicht absolut fest, wie in den Puncten a und e, so dafs die von a nach c gelangte Wellenbewegung sich von hier aus nach der entgegengesetzten Seite, als von a bis c fortpflanzen kann, so wird in allen diesen Fällen in c ein Ruhepunct, ein *Schwingungsknoten* entstehn, indem die von a nach c fortschreitende

1 Vergl. Art. *Widerstand.*

und die von e nach c rücklaufende Welle sich im ge
schaftlichen Puncte c begegnen, also einander aufheben.
diese Weise verwandeln sich also die fortschreitenden V
in stehende, wie zuerst Bernoulli[1] gezeigt, Chlade
zugleich auf die longitudinalen und drehenden Schwing
angewandt hat; Weber endlich zeigte, wie man diese
bergang dem Auge sichtbar machen kann, wenn man ein
ges, etwas starkes Seil am obern Ende befestigt, am u
mit der Hand fafst, und durch schnelle kreisförmige Bew
rotatorische Wellen von der bestimmten Breite uud in de
stimmten Zwischenräumen der Zeit erregt, wobei sich die
fsen fortschreitenden Oscillationen in stehende verwandeln.
die drehenden Schwingungen nebst den hierbei entsteh
Knoten lassen sich auf diese Weise sichtbar machen. I
dient gleichfalls ein am oberen Ende befestigtes Seil,
unteres man mit der Hand hält, durch welche man ihn
schnelle drehende Bewegung mittheilt, die dann an dem
vielmal hin und her läuft.

5) Schwingende Bewegungen, Wellen dieser Art,
men in der Natur sehr häufig vor, sowohl bei festen un
pansibeln, als auch bei tropfbar-flüssigen Körpern.
derselben sind grofs genug und erfolgen hinlänglich la
um durch die Sinne wahrgenommen zu werden, wie die
len des Wassers und Quecksilbers, die an langen Seile
langen, dünnen Stäben sich zeigenden; man kann sich d
ben aber auch so grofs und so langsam denken, dafs sie
dadurch unwahrnehmbar werden, und solche finden sich g
falls in der Natur. Sehr viele derselben sind auf der
Seite zu klein und gehn zu schnell vorüber, als da
wahrnehmbar seyn sollten; blofs eine gewisse Menge vo
nen oder vielmehr ihre Successionen werden im Schal
den Nerven des Ohres oder vom Auge als Licht wahrge
men. Aufser diesen nicht an sich, sondern nur aus ihren
kungen wahrnehmbaren, giebt es höchst wahrscheinlich
viele andere, die bis jetzt noch gar nicht erkannt sind,
deren Daseyn aber uns die Zukunft überzeugen wird, wenn
anders überhaupt möglich ist. Vielleicht gehören hierh
sicher existirenden Undulationen der Wärme, die probl

1 Comment. Petrop. T. XIII. ad ann. 1740.

chen der Elektricität und des Magnetismus, und vielleicht noch andere. Ueber die bekannten Arten der Wellen, namentlich die Schallwellen[1], die Lichtwellen[2] und in einigen Puncten auch die Meereswellen[3], ist bereits gehandelt worden, es kommt hier aber zunächst noch die Wellenbewegung der Flüssigkeiten zur Untersuchung.

6) Die undulatorischen Bewegungen in den Flüssigkeiten können eintreten, sowohl wenn diese in vollkommener Ruhe, als auch wenn sie in Bewegung sind. Im ersten Falle werden sie erzeugt, sobald das Gleichgewicht der einzelnen Flüssigkeitssäulen, woraus man sich die ganze Masse zusammengesetzt vorstellen kann, gestört wird; entweder wenn das Gewicht einer solchen Säule vermehrt, oder wenn es vermindert wird, z. B. wenn man einen schweren Körper auf die ebene Wasserfläche fallen läfst oder einen in das Wasser eingetauchten Körper herauszieht. Die wellenerregende Ursache ist entweder momentan wirkend und dann aufhörend, worauf die Bewegung von selbst fortdauert, oder sie ist fortwährend wirkend, und modificirt hierbei die einmal erregten Wellen beständig. Natürlich ist dieser letztere Proceſs der zusammengesetztere und verwickeltere, man hat aber auf ihn bei weitem die meiste Aufmerksamkeit gerichtet, weil er bei den Meereswellen vorkommend vorzügliches Interesse erregte.

7) Die Ursache, welche die Meereswellen erregt, ist zunächst der Wind, indem dieser theils in seiner Richtung gegen das Wasser stöſst und es niederdrückt, theils an der Oberfläche desselben nach Franklin's Ansicht haftet und es in seiner Bewegung mit sich fortreifst. Diese Einwirkungen erfolgen ruckweise und zeigen sich nur in der Erzeugung der kleinen Wellen auf der ruhigen Oberfläche des Wassers. Inzwischen werden diese an den Stellen, worauf der Wind am stärksten stöſst, erzeugten kreisrunden, nach allen Seiten sich ausbreitenden Wellen durch verschiedene Ursachen verstärkt, und zwar zuerst durch die fortdauernde Wirkung des Windes auf die in seiner Richtung fortlaufenden Wellen, dann durch

---

1 S. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 180 und *Undulation.* Bd. IX. S. 1269.

2 S. Art. *Undulation.* Bd. IX. S. 1301.

3 S. Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1736.

die Vereinigung mehrerer kleiner zu einer gröfseren
ferner durch den Druck, welchen jede Welle auf die il
nächst liegenden ausübt, und endlich durch die Durchkr
der Wellen, die sich in entgegengesetzter Richtung be
Bei jeder Welle, wenn wir uns dieselbe fortschreitend d
ist die vordere Seite aufsteigend, die hintere dagegen
sinkend, und indem der Wind gegen die letztere drück
fördert er dadurch ihr Niedersinken und dieses wiede
Aufsteigen der vorderen Seite; bei denjenigen Welle
die dem Winde entgegenkommen, findet das entgegeng
Verhalten statt. FRANKLIN vergleicht dieses mit den Sc
gungen einer Glocke, die stets zunehmen, wenn man be
ihrer aufsteigenden Bewegung auch nur einen kleinen
selbst blofs mit dem Finger, hinzufügt; auch erklärt sic
aus die paradoxe Erscheinung, dafs die Meereswellen de
tigen Winde entgegen ans Ufer getrieben werden. A
aufgehobenen Gleichgewichte der einzelnen Wassermass
den hierdurch erzeugten Oscillationen (§. 1) folgt aber
eine Welle, sobald sie so weit, als ihre Breite beträgt,
gerückt ist, eine neue Welle hinter sich erzeugt, und d
diese Weise gegen 30 bis 40 und mehr Wellen hinter
der entstehn, die sich gegenseitig bedingen und in ihr
cillationen beharren, wenn die erste sie erzeugende läng
übergegangen ist. Die grofse Regelmäfsigkeit der Höhe u
Bewegung der Wellen wird hieraus erklärlich, da die
der Ungleichheit der Windstöfse nicht im Einklang steh
nicht statt finden würde, wenn sich die Wellen nich
sich bedingten. Als eine besondere modificirende Bed
ist aber die *Durchkreuzung* der Wellen zu betrachten,
leicht eine Erhebung des Wassers zur doppelten Well
herbeiführen kann. Solche Durchkreuzungen finden
statt, und erklären das Phänomen, dafs die höchsten
oft zu zerrinnen scheinen, was mit anderweitigen, üb
bestehenden Gesetzen unverträglich seyn würde. Nach
HORSBURGH[1] sieht man aber häufig zwei Wellenbew
gen mit verschiedenen Richtungen, die sich manni
durchkreuzen, ja man gewahrt sogar drei solche W
systeme, die einen ganzen Tag ihre Richtung und Gesc

1 Nicholson's Journ. Th. XV. p. 6. G. XXXII. 405.

... regelmäfsig beibehalten und sich fortwährend durch-
...en.

...ermit hängt die merkwürdige Erscheinung zusammen, ... gröfseren Wellen sich schneller bewegen, als die klei-... gekräuselten, weswegen die ersteren unter den letzteren ...ien, diese aber zu ruhen scheinen, wie wenn man eine ... unter einem Stücke Zeug hinrollt.

Die durch die angegebenen Ursachen wachsenden Wel-...alten ihre enorme Gröfse nur unter der Bedingung, dafs ...oberfläche sehr grofs und die Tiefe beträchtlich ist. Die ...ingung ist deswegen nothwendig, weil nur dann die ...schreitenden Wellen durch den Wind anhaltend wach-... Tiefe des Wassers ist aber unerläfsliche Bedingung, ... grofse, oft bis zum Meeresboden reichende Wasser-... Bewegung gesetzt werden mufs. Haben die Wellen ... ihre gröfste Höhe über tiefen Stellen erreicht, und kom-... dann über minder tiefe, so nehmen sie an Höhe be-...h zu, werden aber an der Vorderseite durch gehinderte ...ng so steil, dafs sie sich nicht halten können, sondern ... Ueber die absolute Höhe der Wellen, wobei jedoch ... Meereswellen die Rede seyn kann, ist bereits das ... gesagt worden[1], spätere Zeugnisse bestätigen übrigens, ...höhe so bedeutend nicht ist, als manche poetische Be-...ungen sie angeben, denn auch PENTLAND[2] versichert, ... in der Nähe von Cap Horn bei einem heftigen Sturm ... Fufs nicht überstiegen.

Von den Wellen, die auf einer ruhigen Wasserfläche na-... durch einen plötzlichen Stofs erzeugt werden, unter-... die vorderen die nachfolgenden, und befördern deren ..., während sie selbst, sofern ihnen diese Unterstützung ... sich allmälig verflachen, an Breite zunehmen und da-... verschwinden. WEBER giebt an, wie man sich hiervon ... den Anblick überzeugen könne. Wirft man einen Stein ...iges Wasser, wartet man, bis das Wasser an dieser Stelle ... ruhig geworden ist, fafst man eine der Wellen, die ... Puncte am nächsten sind, fest ins Auge, und geht man,

---

[1] S. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1740.

[2] Comptes rend. T. V. p. 703. Poggendorff's Ann. Th. XLII. ...

ohne sie zu verlieren, einige Schritte vorwärts, so sieht
40 bis 50 Wellen, die scheinbar von der glatten Stelle a
hen, vor sich vorüberziehn, wobei sich allezeit die vor
mehr verflacht und allmälig verschwindet, welches dann
folgende trifft, die demnächst zur vordersten wird. Stellt
den Versuch bei fliefsendem Wasser an, so werden die e
henden Wellen durch die eigene Bewegung des Wassers
zerrt, und es läfst sich aus ihrer Gestalt auf die ungleiche
schwindigkeit der einzelnen Wassermassen schliefsen.

9) Jede Welle besteht aus einem Wellenberge und
Wellenthale[1], deren Begrenzungslinie, wenn man sie durch
auf ihre Länge perpendiculäre verticale Ebene geschnitten
vorstellt, eine durch mannigfaltige Umstände abgeänderte
bildet. Nach Flaugergues[2] ist der hintere Theil der W
von der Spitze des Berges an gerechnet, parabolisch gekri
der vordere dagegen nach einer Curve, die er eine Begle
der Cykloide nennt; nach Gerstner[3] ist die Krümmung
einer Spitze bis zur andern entweder eine gemeine oder
geschleifte Cykloide. Die Versuche der Gebrüder Weber
geben, dafs nach Umständen die Curven sehr verschieden
mehr oder weniger gedehnt und daher steiler oder flache
scheinend; oft sogar sind die Hintertheile und die Vorder
sowohl der Wellenberge, als auch der Wellenthäler ein
so ungleich, dafs sie von einander ganz unabhängig sch
Bei den Meereswellen, auf welche der Druck des Windes
dauernd wirkt, deren Gestalt aufserdem durch die vorausge
den Wellen, mitunter auch durch den Einflufs des Boden
dingt wird, ist die Verschiedenheit aus den obwaltenden
ständen leicht erklärlich, und man gewahrt bei Stürmen,
mich eigene Erfahrung lehrte, nicht selten, dafs die Vorder
der Wellen statt einer convexen vielmehr eine concave F
bilden. Die Gebrüder Weber senkten in die Wellen
worin sie die Wellen künstlich erzeugten, eine Glasscheibe
eine Schiefertafel senkrecht hinab, und zwar waren diese
Mehl bestreuet, wenn sich Quecksilber darin befand, rein

---

1 Vergl. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1744.

2 Verhandelingen uitgegeeven door de Hol. Maatschappy
Wetens. te Haarlem. XXIX. Deel. p. 191. Nach Weber S. 197.

3 Theorie der Wellen cet. Prag 1804. §. 14 u. 19.

um die Versuche mit Wasser oder Weingeist angestellt wurden. In ersten Falle zeichneten die Wellen sich durch den eingestofsenen Staub, im zweiten durch Benetzung selbst ab, und sie erhielten auf diese Weise mit Anwendung verschiedener anderweitiger Kunstgriffe genau die Form der Wellen, jedoch nicht solcher, die sich stets wieder erneuern und hinter einander fortlaufen, wie die auf dem Meere.

Eine eigene Art von Wasserwellen habe ich oft zufällig beobachtet, und ihr Anblick kann dazu dienen, eine anschauliche Vorstellung von der Wellenbewegung überhaupt zu erhalten. Sie lassen sich leicht erzeugen und mit vieler Genauigkeit beobachten. Hierzu dient am besten eine etliche Fufs lange und etwa 0,75 bis 1,25 Zoll im innern Durchmesser haltende Glasröhre, und da das wiederholte Füllen derselben mit Wasser lästig seyn würde, so wendet man am zweckmäfsigsten die bereits beschriebene *Mayer'sche Röhre*[1] dazu an, die sich leicht durch die erforderlichen Hebungen wieder füllen läfst. Ist dieselbe bis zu einer gewissen Höhe, am besten ganz, mit Wasser gefüllt, hebt man das untere Ende einen Moment aus dem Wasser, und läfst man eine 0,5 bis 1,5 Zoll lange Luftblase darin aufsteigen, so bilden sich aus dem von oben um sie herum herabfliefsenden Wasser einander folgende Wellen, die ohne Zweifel dadurch entstehn, dafs das Wasser durch seine Adhäsion an den Wandungen des Glases im Fliefsen gehindert wird. Die Breite der Wellen nimmt mit zunehmender Höhe der Blase ab; ist diese zu gering, so wird die Breite zu grofs, dafs zwei Wellen neben einander nicht Platz haben und daher nicht unterschieden werden, ist sie aber zu grofs, so wird die Breite der Welle zu klein, als dafs man sie wahrnehmen könnte.

B. Resultate aus den Versuchen der Gebrüder Weber.

10) Um die Bewegung im Innern der wellenförmig bewegten Flüssigkeiten zu beobachten, verfertigten die Gebrüder Weber einen gröfseren und einen kleineren Apparat, die sie

---

1 S. Art. *Aerostatik*. Bd. I. S. 266.

Wellenrinnen nannten. Der kleinere bestand aus einem über 5 Fufs 4 Zoll langen Bodenbrete mit zwei tiefen in welche parallele, 6,7 Lin. von einander abstehende, scheiben eingekittet waren, die einen 5 Fufs 4 Zoll 6,7 Zoll breiten und über 8 Zoll tiefen Raum einschloss die zu untersuchende Flüssigkeit bis zu einer beliebigen aufzunehmen. Der zweite Apparat war auf ähnliche construirt, aber gröfser, indem er einen 6 Fufs langen, 2, tiefen und 13,4 Lin. breiten Raum einschlofs, auch bes bei ihm die Seitenwandungen aus Holz mit eingesch Glasscheiben. Es darf kaum bemerkt werden, dafs die dungen gegen jede Art der Biegung durch hinlängliche S gesichert waren. Um hierin eine Wellenbewegung her bringen, diente eine Glasröhre, die, am einen Ende eing durch Saugen mit einer Flüssigkeitssäule bis zu einer ge Höhe gefüllt wurde, und wenn diese dann plötzlich hera so liefsen sich durch die Glaswände sowohl die Wellen a Oberfläche, als auch die Bewegungen der in den Flüssig schwimmenden Theilchen beobachten. Werden in diese mittelst eines Hebers Flüssigkeiten von ungleichen speci Gewichten gebracht, z. B. gefärbter Branntwein, sehr fl Oele, Wasser, Quecksilber u. s. w., so bilden diese ver dene einander parallele Oberflächen, und es lassen sich sowohl die Oberflächen der in ihnen gebildeten Wellen auch die Bewegungen im Innern derselben wahrnehmen. genaueren Messung diente aufserdem ein Mikroskop un sehr feiner Federcirkel, dessen Spitzen sich zwischen den jective des Mikroskops und der Glastafel der Wellenrinn fanden, und zugleich mit den kleinen Theilchen gesehen den, die sich in den Wellen der Flüssigkeiten bewegten.

11) Wenn die unter einander verbundenen Weller und Wellenthäler einander gleich oder fast gleich sind, s schreiben die einzelnen Wassertheilchen in sich selbst zurü fende oder fast zurücklaufende Curven, die in einer vert Ebene liegende Ellipsen zu seyn scheinen. Beim Fortsch eines Wellenberges in der Wellenrinne bewegten sich a der Flüssigkeit schwebende Theilchen successiv in einem

Fig. 96. a b c aufwärts, vorwärts und abwärts in der Richtung, in cher der Wellenberg selbst fortschritt, und der senkrechte stand des höchsten Punctes b vom Niveau a c war der

des Wellenberges genau gleich; folgte hinter dem Wellenberge ein gleich tiefes Wellenthal, so bewegte sich das Theilchen durch den Bogen c d a wieder an seinen Ort zurück, mithin der Richtung der fortschreitenden Welle entgegen, wobei die Tiefe unter dem Niveau der früheren Höhe gleich war. Sofern aber ein Wellenberg und ein Wellenthal stets mit einander verbunden sind, so finden jederzeit beide Bewegungen statt. Wenn aber die Wellenberge und Wellenthäler einander nicht gleich sind, wie dann der Fall ist, wenn sie einander nicht regelmäfsig folgen, sondern eine Welle sich im ruhigen Wasser bewegt, so legen die Theilchen keine in sich zurücklaufende krumme Bahn zurück, sondern ihre Bahnen sind a b c d e oder Fig. a′ b′ c′ d′ e′. Die Bahnen der Flüssigkeitstheilchen entfernen sich 97. schon an der Oberfläche anscheinend von der Kreisform, gehen aber mit der Tiefe zunehmend zu gestreckteren Ellipsen über, die sich in gröfserer Tiefe in gerade Linien verwandeln, was ohne Zweifel eine Folge der Einwirkung des Bodens ist. Ueberraschend war dabei die Wahrnehmung, dafs die bis 15 Zoll Tiefe in der kleinen Wellenrinne stets gestreckter werdenden Bahnen 6 bis 7 Zoll über dem Boden weniger gestreckt zu werden anfingen. Diese Bewegung der Wassertheilchen erstreckte sich bis zu einer Tiefe, welche 350 mal gröfser war, als die Höhe der Welle, und war daselbst sogar mit unbewaffnetem Auge noch sichtbar; sie müfste demnach bei 10 Fufs hohen Meereswellen bis zu 3500 Fufs tief hinabreichen. Merkwürdig ist hierbei, dafs die Bewegungen der Wassertheilchen, die in der verticalen Linie unter einander liegen, den angestellten Beobachtungen gemäfs gleichzeitig beginnen, jedoch findet dieses nicht statt, wenn eine Lage Quecksilber sich unter einer Lage Wasser befindet, was jedoch eine Folge der ungleichen spec. Gewichte dieser Flüssigkeiten seyn mufs. Dagegen kommen die in der horizontalen Ebene liegenden Theilchen nur successiv, so wie die Welle selbst fortschreitet, in die schwingende Bewegung.

12) Die schwingenden Bewegungen der einzelnen Flüssigkeitstheilchen und ihren Zusammenhang mit der Gestalt der fortschreitenden Welle haben die Gebrüder Weber durch eine Fig. Zeichnung versinnlicht, welche die Sache sehr anschaulich dar- 98. stellt. Zur gröfseren Leichtigkeit wird vorläufig angenommen, dafs die durch die Wassertheilchen durchlaufenen Bahnen

kreisförmig statt elliptisch sind, wonach dann die neben der befindlichen Kreise α, β, γ..... diejenigen bezeichnen che die einzelnen Theilchen während der Wellenbe durchlaufen. Es sind drei Wellenlinien, die erste durch 1, 1, die zweite durch 2, 2, 2, 2, 2, die dritte durch 3, 3, 3 bezeichnet, dargestellt, die einander folgen und sich du gewählte Art der Linien unterscheiden lassen. Um die lenlinie und die in der Welle statt findende, ihr zug und mit ihr correspondirende Bewegung der einzelnen chen, zu finden, theilt man den Kreis in eine willk Menge von Theilen. Es gehören dann allezeit so viele zur Darstellung einer ganzen Welle, als die Zahl der beträgt, die man gewählt hat, weswegen diese auch gan kürlich ist. Es seyen die Kreise in 6 Theile getheilt, hören zur vollständigen Welle 6 Kreise, in denen die chen successiv um ein Sechstel später in Bewegung g und hiernach durch die Stelle, worin sie sich befinden Oberfläche der Welle bezeichnen, wozu sie gehören. demnach die Welle 1, 1, 1, ... in A an und rückt das il eghörige Theilchen um $\frac{1}{6}$ des Kreises weiter, so mufs Welle zugehörige, um $\frac{1}{6}$ der Zeit später in Bewegung mende Theilchen sich in B befinden, das des nächstfol in C, und sonach wird die Oberfläche der Welle nac Zeittheilen sich in D befinden. Fährt man auf gleiche die Umdrehung der Theilchen in den gegebenen K verfolgend fort, so gelangt man zu den Puncten E und letzt aber zum Anfangspuncte G, wo gleichzeitig die wieder aufzusteigen anfängt, wenn sich in Folge der vol ten ganzen Umdrehung in A die ihr zugehörige neue bildet. Die Zeichnung versinnlicht zugleich auch das V ten, wonach die Bewegungen der Theilchen sich durchkr Hierüber bemerkt Weber, dafs die Schwingungsbahne unter einander liegenden Theilchen ebensowohl, al Schwingungsbahnen der im senkrechten Querdurchschnit Wellen hinter einander liegenden Theilchen sich durchkr Allein die Theilchen treffen sich in den Kreuzungsp ihrer Bahnen dennoch nicht, stören sich daher auch nicht zwar deswegen, weil erstlich alle senkrecht unter einander lie Theilchen gleichzeitig in die sich entsprechenden Puncte Bahnen treten, und weil zweitens zwei in einer horizo

Flüssigkeitsschicht unmittelbar hinter einander liegende Theilchen, wenn diese Schicht in Wellenbewegung kommt, ihre Bewegung successiv so beginnen, dafs jedes nächstvordere Theilchen um einen kleinen Zeitraum später an den entsprechenden Ort seiner Bahn gelangt, als das zunächst hinter ihm gelegene Theilchen. Diese successiv anfangende Bewegung bringt es mit sich, dafs da, wo sich die Bahnen der neben einander gelegenen Theilchen oben kreuzen, dasjenige Theilchen näher den Kreuzungspunct passirt, welches seine Bewegung später angefangen hat und welches dem vordersten Puncte der Welle näher liegt, dafs dagegen unten, wo sich die Bahnen zweier horizontal neben einander gelegenen Theilchen auch kreuzen, dasjenige Theilchen den Kreuzungspunct früher passirt, welches früher angefangen hat, sich zu bewegen, und dem hinteren Puncte der Welle näher liegt. Auf jeden Fall können also zwei in einer horizontalen Ebene einer Flüssigkeit über einander liegende Theilchen niemals zugleich durch die Kreuzungspuncte ihrer beiden Bahnen laufen und sich treffen. Die in der Figur enthaltenen Pfeile bezeichnen die Bahnen, welche die tieferen Theile der Flüssigkeit durchlaufen, unter der Voraussetzung, dafs diese Bahnen sich stets gleich bleiben, was aber (nach §. 11) nicht in ganzer Strenge der Wahrheit gemäfs ist.

Aus dem bloßen Anblicke der Figur gehen noch einige Thatsachen hervor, die an sich klar bloßs einer Hinweisung bedürfen. Während ein Theilchen der Flüssigkeit einmal seine Bahn durchläuft, schreitet die Welle, worin sich dasselbe befindet, um so viel fort, als ihre Breite beträgt, und daher durchläuft ein Theilchen so oft seine Bahn, als Wellen durch den Ort gehen, wo sich das Theilchen bewegt, und der senkrechte Durchmesser der Bahnen, welche die an der Oberfläche befindlichen Theilchen durchlaufen, ist der Höhe der Welle genau gleich. Dagegen findet nach Weber kein bestimmtes Verhältnifs zwischen dem horizontalen Durchmesser dieser Bahnen und der Breite der Wellen statt, vielmehr sind bei gleich hohen, aber ungleich breiten Wellen die Schwingungsbahnen in den breiteren Wellen nach ihrem senkrechten und horizontalen Durchmesser kleiner, in den schmäleren gröfser, und umgekehrt bei gleich breiten, aber ungleich hohen Wellen in den höheren Wellen nach beiden Durchmessern gröfser, als in den niedrigern.

Hiernach ist die Geschwindigkeit, womit ein Theilchen
Bahn durchläuft, unter übrigens gleichen Bedingungen
gröfser, je höher die Welle ist; denn die Bahnen sind
niedrigeren und breiteren Welle kleiner, als in der höhere
schmaleren, und dennoch bedürfen die Theilchen mehr
um die kleinere Bahn zu durchlaufen, als zum Durchlaufen
gröfseren erfordert wird. Die Länge der Zeit, welche
Wassertheilchen zum Durchlaufen seiner ganzen Bahn
ist also von der Länge und Breite der Welle abhängig.
auffallend ist aber das aus genauen Messungen hervorg
Resultat, dafs von den in einer verticalen Linie unter e
liegenden Flüssigkeitstheilchen die oberen ihre Bahnen i
gerer, die unteren in kürzerer Zeit durchlaufen. Die
hervorgehende Folgerung, dafs demnach die unteren Wel
oberen vorauseilen müfsten, fand sich nicht bestätigt,
bliebe daher blofs übrig anzunehmen, dafs die tieferen
schmäler seyn müfsten, was die Gebrüder Weber anzun
geneigt sind. Es scheint mir, als dürfe man die Er
aus dem (§. 11) angegebenen Umstande ableiten, dafs d
ferenen Wassertheilchen nicht ganz in sich zurücklaufend
nen bilden und also diese verkürzten Bahnen in kürzer
mit zwischenliegenden Intervallen der Ruhe zurücklegen
ist es bedenklich, hierüber eine Hypothese zu wagen.
kenswerth hierbei ist aber, dafs die Flüssigkeitstheilchen
Tiefe nach dem Durchgange einer Welle eine regelm
lange fortgesetzte und sowohl an Gröfse als auch an
lange gleichbleibende horizontale Hin- und Herbewegun
nehmen, die einer stehenden Schwingung gleicht, und
lange fortdauert, wenn die Theilchen in der Mitte und
Oberfläche längst zur Ruhe gekommen sind.

Ist endlich diese Umdrehung der Flüssigkeitstheilche
mal hervorgerufen, so folgt auf diese nicht sofort Ruhe
dern sie wiederholt sich, wird aber etwas kleiner und i
zerer Zeit vollendet, als die erste. Hierin liegt der
dafs die über eine ebene Flüssigkeit fortrückenden Wel
dere ihnen nachfolgende Wellen erregen, deren Zahl bis
und selbst darüber steigt, wobei die vorausgehenden und
folgenden sich wechselseitig bedingen und die nachfol
zunächst stets kleiner, durch die vorauseilenden aber
ben werden, so dafs die ersten Wellen sich mehr

chen und allmälig zerrinnen, die nachfolgenden erst wachsen, die diesen folgenden aber wieder abnehmen, bis sich die Ruhe der Flüssigkeit wieder herstellt.

13) Nehmen wir alles dieses zusammen, so wird daraus ersichtlich, dafs die Vorstellung, die man früher über die Wellenbewegung hegte, die zuerst von Newton[1] ausging und nachher von s'Gravesande[2], d'Alembert[3], Gehler[4] und Andern angenommen wurde, durch die Versuche der Gebrüder Weber eine wesentliche Abänderung erhalten hat. Dem Wesen nach gehört jene Vorstellung den stehenden Wellen an, passt aber nicht auf die fortschreitenden. Hiernach bestehen die Wellen aus wechselnden Oscillationen (§. 1), indem die einzelnen Flüssigkeitssäulen steigen und sinken, also an derjenigen Stelle ein Wellenberg aufsteigt, wo vorher ein Wellenthal war, und umgekehrt. Auf diese Vorstellung wurden Newton und die Gelehrten nach ihm wohl ohne Zweifel dadurch geführt, dafs sie der durch den Schein gegebenen Ansicht begegnen wollten, als seyen die Wellen fortlaufende Wasserberge, die sich mit einer der Wellenbewegung gleichen Geschwindigkeit fortrollten. Diesen Irrthum widerlegt eine genauere Beobachtung des Verhaltens; denn wenn die Schildkröten, ein Floss oder irgend ein schwimmender Körper sich auf dem wellenschlagenden Wasser befinden, so werden sie durch die Wellen abwechselnd in die Höhe gehoben und sinken wieder herab, ohne sich mit der fortschreitenden Welle fortzubewegen. Beobachtet man indefs dieses Phänomen genauer, so überzeugt man sich bald, dafs die Gebrüder Weber dasselbe schärfer und mit Vermeidung der so leicht dabei statt findenden Täuschung aufgefafst haben; denn selbst wenn die Wellen einander regelmäfsig folgen und demnach stehende oder diesen ähnliche sind, so bleiben dennoch solche Körper, namentlich die letzteren, nicht stets in der horizontalen Lage, sie gleiten auch nicht von der Höhe des Wellenberges in die Vertiefung des Wellenthales herab, wie nothwendig der Fall seyn müfste, wenn der Wellenberg eine eigentliche Erhöhung des Wassers wäre,

---

1 Princip. Lib. II. Sect. 8. prop. 44.
2 Phys. Elem. Lib. III. cap. XI.
3 Encyclop. Art. *Onde.*
4 Wörterb. a. A. Art. *Welle.* Th. IV. S. 684.

von welcher dann die Wassertheilchen gleichfalls nac
Seiten in die Vertiefungen herabfliefsen würden, son
schwebenden Körper nehmen zugleich eine schauke
wegung an, steigen dabei in Folge des sich erhebend
lenberges, und sinken mit dem entstehenden Wellenth
eine natürliche Folge der richtig vorgestellten Wellen
ist. Hiernach schreitet der Wellenberg gleichmäfsig
Niveau der Flüssigkeit erhaben fort, ohne dafs die
Wassermasse fortfliefst, indem vielmehr der Wellen
fortwährend erneuert, wobei nicht alle Theile desselbe
zeitig niedersinken und ebenso nicht alle Theile des
thales gleichzeitig zu steigen beginnen, sondern da
sowohl als auch das Niedersinken successiv erfolgt.
einige Theile des Wellenberges im Steigen, andere im
sinken begriffen sind, was auf gleiche Weise auch
Wellenthälern statt findet. Die zwei Hälften eines W
ges sowohl, als auch eines Wellenthales befinden sich
einer entgegengesetzten Bewegung; während die vorde
des Wellenberges steigt, beginnt die hintere schon z
und mit ihr zugleich die ihr nächste Hälfte des Wel
indem die hintere Hälfte des letzteren schon zu st
fängt. Die Gebrüder Weber bemerken mit Recht, d
wenn die Wellen nach Newton's Vorstellungsart aus
selnden Hebungen und Senkungen beständen und
allen gleichzeitig wechselnd erfolgten, ein Zwische
statt finden müfste, in welchem beide halb vollend
und die Wasserfläche eine Ebene darböte.

14) Hieraus wird folgende interessante Erscheinu
erklärbar. Wenn in einer der zu den Versuchen ang
Wellenrinnen am einen Ende eine weite Glasröhre ei
ist und man nach völliger Herstellung der Ruhe dadu
Welle erzeugt, dafs man eine Wassermasse schnell in d
aufsaugt, ohne sie wieder sinken zu lassen, so entsteht
ans Ende fortlaufende, mit dem Thale vorangehende W
Bewegung der Wassertheilchen oder kleiner im Wasse
bender Körperchen aber beginnt nach abwärts und der
bewegung entgegen. Läfst man dagegen die in der Rö
gesogene Flüssigkeit nach wiederhergestellter Ruhe
herabsinken, so läuft der Wellenberg voran, die Was
chen beginnen ihre Bewegung nach aufwärts und in de

ung der Wellenbewegung. Wenn man ferner auf einer länglichen, schwach vertieften Fläche eine Lage Quecksilber ausgießt, und dadurch eine Welle erzeugt, dafs man in der Mitte einen Körper einsenkt, so wird von diesem Puncte aus eine Welle nach allen Seiten fortlaufen. Kommt diese Welle am Rande an, so dehnt sich die gesammte Quecksilberfläche aus und vergrößert sich, zieht sich aber augenblicklich wieder zurück und nimmt ihre vorherige Größe wieder an; erregt man aber die Welle dadurch, dafs man einen in der Mitte der Metallmasse befindlichen Körper schnell wegnimmt, so tritt die entgegengesetzte Erscheinung ein, die Masse zieht sich am Rande zusammen und kehrt nachher wieder zurück.

15) Die Geschwindigkeit der Meereswellen ist zwar durch Messungen bestimmt, wie bereits erwähnt wurde[1], allein die Bedingungen, welche hierauf Einfluss haben, sind durchaus nicht zu ermitteln, weil man die ohnehin stets wechselnde Kraft des Windes ebenso, als die ungleiche Tiefe und die Beschaffenheit des Bodens zu kennen sich aufser Stande befindet. Will man daher die Ursachen kennen lernen, welche dabei wirksam sind, und zugleich die Art und Stärke ihrer Wirksamkeit, so kann dieses nur durch Versuche geschehen, und wir verdanken es daher dem Fleifse der Gebrüder Weber, dafs sie auch diese Frage beantwortet haben. Zu diesem Ende bedienten sie sich der beiden (§. 10) beschriebenen Wellenrinnen, in denen sie vermittelst des plötzlichen Niedersinkens einer gewissen Masse der Flüssigkeit aus einer am Ende des Apparats eingetauchten Röhre Wellen erregten und die Zeit [illegible] zu deren Ankunft am andern Ende mittelst einer Tertienuhr [illegible]. Hiernach vermindert sich die Geschwindigkeit der Wellen mit abnehmender Tiefe, jedoch in einem geringeren, [illegible] dem dieser Abnahme proportionalen Verhältnisse. Diese Verminderung ist eine Folge der durch die Nähe des Bodens [illegible] freien Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen, der [illegible] Adhäsion und sonstiger Umstände, und zeigt sich auch im Grofsen bei den Meereswellen. Merkwürdig war das Resultat, dafs das spec. Gewicht der Flüssigkeiten auf die Geschwindigkeit der Wellen anscheinend gar keinen Einfluss hat. Diese Folgerung wurde aus Versuchen mit Kochsalzwasser,

[1] S. Art. Meer. Bd. VI. S. 1743.

süfsem Wasser und Branntwein hergenommen, mit Que
konnten sie nur bei geringer Tiefe angestellt werden, v
Wandungen des Apparates dem Drucke einer tiefen Q
bermasse nicht widerstanden. Bei geringen, nicht über
hinausgehenden, Tiefen dagegen zeigten die ungleich s
Flüssigkeiten allerdings Unterschiede, die zunächst und v
weise wohl aus der verschiedenen Adhäsion der Flüss
an den Wandungen der Apparate entsprangen, zugleic
vermuthlich auch durch die ungleiche Adhäsion der F
keitstheilchen unter sich herbeigeführt wurden; denn
bis zwei Zoll Tiefe waren die durch eine gleich grofse
fallende Flüssigkeitssäule erregten Wellen beim Que
höher und schmäler, beim Wasser niedriger und breiter
Branntwein noch niedriger und breiter.

Die Geschwindigkeit der Wellen hängt nicht blo
ihrer Breite ab, wie Newton, s'Gravesande, d'Al
und Gerstner annahmen, sondern von ihrer Gröfse im
meinen, also ihrer Höhe und Breite zugleich; doch sch
Länge keinen Einflufs zu haben. Werden in ruhigem
durch einen hineingeworfenen Stein Wellen erregt, so v
ten sich diese kreisförmig, dehnen sich dabei stets me
werden also breiter, und müfsten somit auch gesch
werden, wenn ihre Geschwindigkeit blofs von ihrer Bre
hinge; erzeugt man aber in einiger Entfernung durch
zweiten hineingeworfenen Stein neue Wellen, so sieht m
die letzteren die ersteren überholen. Hiermit übereinst
ist die Geschwindigkeit der Wellen um so gröfser, je
die sie erregenden Ursachen wirken, weil diese zugleic
Gröfse bedingen, denn ein gröfserer oder höher herabfa
Stein erregt gröfsere und zugleich geschwindere Welle
ein kleinerer und aus geringerer Höhe herabfallender; a
wahrt man schon auf einer Quecksilberfläche das Er
gröfserer und schnellerer Wellen durch einen gröfsere
höher herabfallenden Tropfen dieses Metalls, als durc
kleineren oder einen aus geringerer Höhe herabfallenden.
gens vermag ein kleinerer, aber aus gröfserer Höhe hera
der Körper gröfsere Wellen zu erzeugen, als ein gröfsere
cher aus geringerer Höhe herabfällt; denn die Stärke d
pulses ist hierbei das Bedingende. Schreitet eine Wel
schen parallelen Wänden fort, wobei ihre Länge unv

bleiben mufs, so vermindert sich ihre Höhe, ihre Breite aber nimmt zu. Sofern aber die Geschwindigkeit derselben von beiden Bedingungen zugleich abhängt, bleibt sie fast unverändert, und die Welle wird nur um so viel langsamer, als die Adhäsion an den Wandungen und der Widerstand der Luft dieses bewirkt. Um Wellen von verschiedener Länge zu erregen, liefsen die Gebrüder Weber ein Gefäfs anfertigen, welches die Gestalt eines Octanten hatte und durch ein eingelassenes verticales Bret in halbe und Viertel-Octanten getheilt werden konnte. Wurden dann in dem Winkel dieses Gefäfses durch eine herabsinkende Wassersäule Wellen erregt und die Zeiten ihrer Hin- und Hergänge zum Bogen und rückwärts zum Winkel mittelst der Tertienuhr gemessen, so erhielt man die Geschwindigkeiten derselben. Hieraus ergab sich, dafs sich die Geschwindigkeit und Höhe einer Welle vermindert, wenn sie beim Fortschreiten an Länge zunimmt, dafs dagegen ihre Höhe und Geschwindigkeit sich vergröfsert, wenn ihre Länge beim Fortschreiten sich vermindert.

16) Eine der wichtigsten Untersuchungen betrifft das Verhalten der Wellen bei ihrer Durchkreuzung, da es bekannt ist, dafs die Schallwellen sich vielfach durchkreuzen, ohne sich wechselseitig zu hindern oder aufzuheben. Die genannte kleinere Wellenrinne bot den Gebrüdern Weber die Mittel dar, die hierüber aufzuwerfenden Fragen zu beantworten.

Handelt es sich zuerst um die Veränderung der Gestalt zweier sich begegnender Wellen, so diente zu deren Bestimmung die kleine Wellenrinne, die mit Quecksilber bis zu zwei Zoll Höhe angefüllt war. An beiden Enden wurden gleichzeitig durch das Herabsinken einer Masse Quecksilber Wellen erregt, die sich daher in der Mitte begegnen mufsten. Die Höhe der Wellen war dadurch kenntlich gemacht, dafs sie den Staub von der eingetauchten bestaubten Glasscheibe bis zur Höhe der Wellengrenze weggewischt hatten; in der Mitte der hierdurch erregten geraden Linie erhob sich aber das Segment einer dem Kreise sehr nahe kommenden Curve bis etwa zur Hälfte der von den einzelnen Wellen erreichten Höhe. Betrug aber die Höhe des Quecksilbers im Apparate nur einen Zoll, und wurden insbesondere die Wellen durch höhere, in den Röhren an beiden Enden aufgesogene und plötzlich wieder herabsinkende Quecksilbersäulen erzeugt, so bildeten sich durch ihre Verei-

nigung höhere und unregelmäfsig gekrümmte Erhebungen. der Apparat zwei Zoll hoch mit Wasser gefüllt, und w die Wellen durch das Herabsinken von 6 Zoll hohen W säulen an beiden Enden erzeugt, so verhielt sich die Hö einzelnen Wellen zu der der vereinten, wie 1 zu 1,79. Augenblicke des Zusammenfallens zweier Wellen erzeugen also einen beträchtlich höheren Wellenberg. Die so erz höheren Wellenberge trennen sich sofort wieder in zwei len, die nach entgegengesetzten Enden fortlaufen und sic weiter von einander entfernen. Hierbei sinkt der entst hohe Wellenberg nach beiden Seiten nieder und bringt au Seite seinen Fufs zum Steigen, es bildet sich hinter dem hierdurch entstandenen, Wellenberge ein Wellenthal, u blofse Anschein läfst daher nicht unterscheiden, ob die Wellenberge mit ihren Wellenthälern gegen einander ge sind und von einander abprallend sich rückwärts be oder ob beide durch einander hindurchgegangen sich anfänglichen Richtung weiter bewegen. In der That das Ansehen, als ob beide Wellen ungestört durch ei gegangen wären. Ging vor dem Zusammentreffen der W berg voran, so behielt auch die Welle, welche nach de sammenstofsen in derselben Richtung fortgeht, diese C bildeten aber die zusammenstofsenden Wellen Thäler, die Berge folgten, so fand dasselbe auch bei den nac Zusammenstofsen in derselben Richtung fortlaufenden W statt. War der eine der zusammengestöfsenen Welle höher als der andere, so verhielten sie sich nach dem Z menstofsen so, als ob jeder derselben ungestört seine fortgesetzt hätte. Es hatte somit völlig das Ansehen, beide Wellenberge ungestört durch einander hindurch wären.

17) Da die Wellenbewegung hauptsächlich auf der Bewegung der Flüssigkeitstheilchen beruhet, so verdient bei zusammenstofsenden Wellen vorzugsweise untersu werden, wenn es um die Aufklärung des hierbei statt fi Verhaltens zu thun war. Sofern die einzelnen Theilch Flüssigkeiten kreisförmige oder genauer elliptische Bahn schreiben, so liefs sich schon im voraus vermuthen, dafs das Zusammenstofsen zweier Wellen diese in horizontale tung gestreckten Bahnen sich in der verticalen mehr ver

würden, und dieses fanden auch die Gebrüder Weber durch ihre Versuche bestätigt. Als sie die kleine Wellenrinne zwei Zoll hoch mit Wasser füllten, an beiden Enden durch gleichzeitiges Herabfallen einer 6 Zoll hohen Wassersäule Wellen erregten, die in der Mitte zusammenstiefsen, und die Bewegung der kleinen im Wasser schwimmenden Körperchen durch ein Mikroskop beobachteten, sahen sie diese unter der Spitze des erhöhten Wellenberges bei a in verticaler Richtung auf und ab sich bewegen, zu beiden Seiten aber bei b und c, d und e, f und g wurde ihre Richtung zunehmend schräger. Wo also beide Wellen im höchsten Puncte zusammentrafen, war die horizontale Richtung der Theilchen völlig aufgehoben, von hier an zunehmend weniger, bis endlich die gewöhnlichen Bahnen wieder hergestellt wurden. Sofern also durch das Zusammentreffen beider Wellen die horizontale Bewegung der Flüssigkeitstheilchen beschränkt wird, mufs die verticale verstärkt werden und die Welle dadurch eine höhere und spitzere Gestalt annehmen. Die Wellen gehen daher weder durch einander hindurch, noch prallen sie von einander ab, sondern die Ursache der veränderten Gestalt liegt in der modificirten Bewegung der Flüssigkeitstheilchen. Dabei ist zu bemerken, dafs das Zusammenstofsen beider Wellen nicht blofs ein einziges Mal statt findet, sondern es wiederholt sich mehrmals, indem die Theilchen sich in den angegebenen Richtungen nicht ein einziges Mal bewegen, sondern diese Bewegung eine Zeit lang beibehalten. Fig. 99.

18) Eine dritte Frage betrifft den Einfluss des Zusammenstofsens der Wellen auf die Geschwindigkeit ihrer Bewegung, ob nämlich dadurch eine Beschleunigung oder Verzögerung herbeigeführt wird. Um hierüber Auskunft zu erhalten, mafsen die Gebrüder Weber mittelst einer Tertienuhr die Zeit, welche die freien und die zusammenstofsenden Wellen gebrauchten, um vom einen Ende der Wellenrinne zum andern zu gelangen, und fanden dadurch im Mittel aus neun Versuchen die Dauer der ersten Bewegung = 2 Sec. 17 Tertien, die Dauer der zweiten aber 2 Sec. 24 Tertien, woraus also eine Verzögerung von 7 Tertien hervorgeht. Der Unterschied ist unbedeutend und beträgt nur etwa 0,05 des Ganzen; es lohnt sich aber dennoch der Mühe, die Ursache desselben aufzusuchen. Man könnte vermuthen, die Verzögerung sey eine Folge der langsameren Wellenbewegung nach dem Zusammenstofsen, allein diese Hy-

pothese ist sehr unwahrscheinlich, denn hiernach müfste wiederholt zusammenstofsenden Wellen zunehmend lang werden, was der gemeinen Beobachtung nicht entgehen k da im Versuche nicht eine einzige Welle, sondern mehre ter einander herlaufende Wellen erzeugt wurden, die i nämlichen Puncte zusammenstiefsen. Bei weitem wahrs licher und aus der Natur der Sache entnommen ist die rung, wonach die Wellen um so viel verzögert werden, Störung oder partielle Aufhebung ihrer Bewegung in h taler Richtung in Folge des Zusammenstofsens beträgt, dieses steht mit dem eben beschriebenen Verhalten vollk im Einklange. Wir können uns vorstellen, dafs durch d sammenstofsen der Wellen wenigstens eine der Bahnen, sich die Flüssigkeitstheilchen beim Fortgange der Welle wegen, aus der kreisförmigen in die verticale übergehe die Welle mufs daher um so viel in ihrem Fortgange ve werden, als die Zeit dieser verticalen Bewegung der F keitstheilchen beträgt; diese Zeit wird aber noch dadurch vergröfsert, dafs sich die elliptischen Bahnen der Flüssi theilchen erst allmälig wieder herstellen.

19) Die Gebrüder Weber haben auch über das *Z prallen* der Wellen oder ihre Zurückwerfung von ein dernden verticalen Fläche, auf welche sie bei ihrer Be in perpendiculärer Richtung stofsen, ausführliche Unters gen angestellt, welche folgende wesentliche Resultate Zuerst darf man sich das Anprallen nicht dem ähnlich v len, wie es bei einer elastischen Kugel statt findet, bei cher ihre beiden Hälften nach dem Anstofsen ihre gege Lage beibehalten, statt dafs der Wellenberg und das W thal in ihrer Lage umgekehrt werden, indem sie währe Zurückwerfung gleichsam durch einander hindurch gehen hierbei statt findende Verhalten, je nachdem die Welle n rem Thale oder ihrem Berge aufstöfst, wie dieses bei de suchen in der Wellenrinne beobachtet wurde, läfst sich verschiedenen Stadien anschaulich darstellen. Es sey

Fig. 100. allgemein g f die Oberfläche der Flüssigkeit; k i die z werfende Fläche; a b c d e eine gegen die zurückwerfende senkrecht anlaufende Welle, so zeigen die Nummern die Verwandlungen der Gestalt des Wellenberges und W thales für gleiche Zeiten, die so grofs sind, dafs währen

über die ganze Welle um ein Viertel ihrer Breite weiter rückt. In 1 geht der Wellenberg c d e voran, das Wellenthal a b c hinter ihm, und der Anfangspunct des Wellenberges erreicht die zurückstofsende Ebene. Nach 2 ist die hintere Hälfte des Wellenberges mit der vorderen zusammengefallen, der Wellenberg dadurch auf die Hälfte seiner Breite gebracht, hat aber die doppelte Höhe erreicht, während das Wellenthal unverändert um die Hälfte seiner Breite vorgerückt ist. Nach 3 hat der Wellenberg seiner ganzen Breite nach bereits zurückgegangen, er würde also seine frühere Gestalt wieder erhalten haben, wenn nicht gleichzeitig das Wellenthal ihn ausgefüllt hätte, wodurch für diesen Zeitraum die ebene Fläche eintreten muss. Nach 4 haben sich durch das Fortrücken des Wellenberges in entgegengesetzter Richtung und des Wellenthales in seiner ursprünglichen beide wieder getrennt, das Wellenthal ist jetzt von der Wand i k zurückgestofsen, und daher fast eben so tief geworden, als es anfangs war. Nach 5 ist die Interferenz vollendet, der Wellenberg läuft wieder voraus und das Wellenthal hinter ihm her, beide in entgegengesetzter Richtung nach g.

Am belehrendsten und interessantesten hierbei ist die sich hier darbietende Interferenz, die man auch ohne künstliche Messung mit bloßen Augen beobachten kann. Beginnt der an der zurückwerfenden Ebene angekommene Wellenberg durch das Wellenthal zurückzugehen, so macht er eine Bewegung, welche die Gebrüder Weber mit der Umdrehung eines zweiarmigen Hebels um seinen Unterstützungspunct vergleichen. Der ruhige Punct der Oberfläche, worin die Flüssigkeit sich weder hob noch senkte, lag ungefähr 8 Zoll von der zurückwerfenden Ebene entfernt, und so wie ein zweiarmiger Hebel bei seiner Drehung in eine Lage kommt, dafs er vollkommen horizontal ist, so kam auch die Oberfläche der Flüssigkeit für ein Moment an der Stelle, wo der Wellenberg und das Wellenthal sich einander gingen, zur vollkommen ebenen Lage. Die an der Oberfläche der Flüssigkeit schwebenden Theilchen in der Nähe der zurückwerfenden Ebene, die sich während der Zurückwerfung der Wellen aufwärts und abwärts bewegten, bewegten sich am Orte der Interferenz aufwärts, dann etwas weniges abwärts, und dann in derselben Höhe beharrend etwas in horizontaler Ebene hin und her, bis sie erst später ebenso tief

herabsanken, als andere, nicht in der Interferenz liegende
chen gleich nach ihrem Aufsteigen wieder herabgesunke
ren. Bei anderen Theilchen, die nicht in der Mitte der
ferenz lagen, war diese Verzögerung um so weniger me
je weiter sie von diesem Mittelpuncte abstanden. Die E
nung des Interferenzpunctes von der zurückwerfenden
ki beträgt genau den vierten Theil der Wellenbreite, und
daher benutzt werden, um die Breite der ganzen We
messen, vorausgesetzt, dafs Wellenberg und Wellenthal
breit sind, was zwar bei der ersten erzeugten Welle ni
ganzer Strenge, wohl aber bei den nachfolgenden der U
Dieses Verhalten hängt genau zusammen mit der Bewegu
Flüssigkeitstheilchen, deren Bahnen beim Anprallen der W
mehr und mehr von ihrer Breite verlieren, und sich eine
ticalen geraden Linie nähern, in welche sie ganz in der
der zurückstofsenden Ebene übergehen. Hierbei macht e
nen Unterschied, ob der Wellenberg oder das Wellenthal
ausgeht, aufser dafs die Theilchen der Flüssigkeit, wenn das W
thal vorausgeht, sich zuerst mehr oder weniger abwärts bew
und dann wieder aufsteigen, wenn aber der Wellenberg vo
geht, zuerst senkrecht aufsteigen und dann wieder in der
Richtung herabsinken. Mit zunehmender Entfernung vo
zurückstofsenden Ebene werden die Bahnen der einzelnen
sigkeitstheilchen stets schiefer, indem der obere Theil der
zugewandt, der untere aber davon abgewandt ist. Aufs
liegen die Bahnen der senkrecht unter den oberen befind
Theilchen desto schiefer, je näher sie dem Boden sind.
Vorgang bei der Zurückwerfung einer Welle stimmt also
mit demjenigen überein, welcher beim Zusammenstofsen z
Wellen statt findet.

20) Da die Wellenbewegung nicht blofs an der Ober
der Flüssigkeiten statt findet, sondern auch bis zu einiger
herabgeht, so kann eine nicht bis ganz auf den Boden h
gehende, sondern nur bis zu einer gewissen Tiefe hinabreich
Scheidewand diese Wellenbewegung nicht gänzlich aban
sondern sie mufs die Welle spalten und die Bewegung
tieferen Theile noch hinter der trennenden Ebene fort
lassen. Manche Beobachter glaubten bemerkt zu haben,
dieses nicht der Fall sey, die Welle sich vielmehr blofs
der Oberfläche bewege, und selbst nicht unter einer nur we

Zoll eingetauchten Fläche durchgehe. Ist in einer Flüssigkeit ein Bret oder ein Balken nur einige Zoll tief eingetaucht, und [illegible] ein auf der einen Seite desselben hineingeworfener Körper eine Welle, so sieht man diese abprallen, aber nicht unten [illegible]gehen, was jedoch die Gebrüder Weber davon ableiten, daſs bei so kleinen Wellen in einer tiefen Flüssigkeit die Wellenbewegung schon in geringer Tiefe sehr unbedeutend wird [illegible] daher die auf der andern Seite erzeugten Wellen wegen [illegible] groſsen Breite nicht leicht wahrnehmbar sind. Auch hier[illegible] muſsten directe Versuche entscheiden. Zu diesem Ende [illegible] die kleine Wellenrinne bis zu 6 Zoll Höhe mit Wasser [illegible], in der Mitte ein genau passendes Bret vertical bis zu [illegible] Tiefen hinabgesenkt, am einen Ende eine Welle [illegible] das Herabsinken einer 4 Z. 5,7 Lin. hohen Wassersäule [illegible] und mittelst eines feinen Federcirkels die Höhe der er[illegible] Wellen vor und hinter der Scheidewand gemessen. Die [illegible] Tabelle zeigt die erhaltenen Resultate:

[illegible] der [illegible]	Höhe der erregten Wellen			
	dicht vor der Scheidew.	dicht hinter der Scheidew.	am andern Ende d. Rinne.	am Anfange der Rinne.
[illegible] Zoll	0,94 Lin.	0,74 Lin.	1,3 Lin.	0,35 Lin.
[illegible] —	1,00 —	0,65 —	1,1 —	0,50 —
3 —	1,03 —	0,64 —	1,0 —	0,60 —
4 —	1,18 —	0,50 —	0,8 —	0,70 —
5 —	1,33 —	0,38 —	0,55 —	0,87 —

[illegible] in der letzten Columne angegebenen Höhen waren diejenigen, welche die nach dem Anprallen wieder zurückkehrenden Wellen erreichten, und daſs diese sich so niedrig zeigten, [illegible] vermuthlich die Folge der Störung, welche diese durch die [illegible] ersten nachfolgenden Wellen erlitten. Die von der Scheidewand gemessenen Höhen in der zweiten Columne muſsten [illegible] höher seyn, als die unmittelbar hinter derselben, denn sie [illegible] erzeugt durch den von der Scheidewand zurückgeworfenen und den noch nicht unter ihr durchgegangenen Theil der Welle. Beachtenswerth ist aber der Umstand, daſs bei geringerer Tiefe der eingesenkten Scheidewand die am Ende der Rinne vorhandenen, unter dieser durchgegangenen, Wellen sich [illegible] zeigten, als die unmittelbar vor der Scheidewand gemessenen, bei gröſserer Tiefe der Einsenkung aber hinter diesen an [illegible] zurückblieben.

21) Ein grofser Theil der Versuche der Gebrüder
bezieht sich auf diejenigen Erscheinungen, welche die
darbieten, wenn sie in schiefer Richtung auf eine Wi
leistende Fläche aufstofsen. Sie wurden vorzugswe
elliptischen und kreisrunden Gefäfsen angestellt, in der
Quecksilber befand, auf dessen ebene Fläche theils in d
theils in dem einen Brennpuncte der Ellipse ein einzel
wiederholt gleich nach einander mehrere Quecksilbe
herabfielen. Hierdurch entstehen die höchst interessante
auch sehr complicirten, Figuren, welche man so oft
leicht beim Herabtröpfeln des Quecksilbers auf eine eb
blanke Fläche dieses Metalles wahrnimmt und welche
Einzelnen gründlich untersucht werden. Inzwischen
diese Erscheinungen auf sehr zusammengesetzten Bedi
die sich selten vereinigt finden; es scheint daher angem
diejenigen, welche sich mit ihnen genauer bekannt zu
wünschen, auf das Werk selbst und die darin gegeben
nauen Zeichnungen zu verweisen, da die Aufgabe im
nur ein specielles Interesse hat. Hier werden einige all
Bemerkungen genügen.

Die von schiefen Flächen zurückgeworfenen Well
zwar nicht als elastische Körper zu betrachten, sondern
blofs durch die innere Bewegung der Flüssigkeitstheilch
dingt, dennoch aber gilt von ihnen das allgemeine Gese
der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Allei
die vollkommen kreisförmigen Wellen, die in allen ihre
schnitten gleich hoch und gleich breit sind, schreiten s
dafs sie ihre Gestalt stets beibehalten, die andern ände
Gestalt fortwährend, und das Gesetz der Gleichheit des E
und Ausfalls-Winkels kann nur für eine sehr kleine Entf
von der zurückwerfenden Ebene mit einiger Genauigkeit be
werden. Die beiden vorzugsweise untersuchten Fälle si
erst der, wenn eine in der Mitte eines kreisförmigen G
erzeugte Welle sich in einem Kreise nach allen Rich
ausbreitet, mithin gleichzeitig an die Wandungen anstöfs
kreisförmig davon zurückgeworfen wird, der zweite, f
Akustik wegen des ähnlichen Verhaltens sehr wichtige E
der, wenn in dem einen Brennpuncte eines elliptischen G
eine Welle erzeugt und, selbst kreisförmig gebildet, vo
elliptischen Wand kreisförmig zurückgeworfen wird. I

zurückgeworfene Welle stellt eine gleich hohe und gleich breite kreisförmige Welle dar, deren Mittelpunct der zweite Brennpunct der Ellipse ist, in welchem sie sich daher concentrirt und hierdurch einen Kegel von beträchtlicher Höhe bildet, der sich nun wieder in eine kreisförmige Welle verwandelt, welche dann durch die Zurückstofsung von der elliptischen Wandung des Gefäfses wieder in den ersten Brennpunct gelangt. Dieser Wechsel kehrt zu wiederholten Malen wieder. Die hierüber angestellten Versuche gelingen zwar nicht allemal vollkommen genau, allein die Abweichungen sind nicht so groß, dafs man das Gesetz nicht dennoch als gültig anerkennen sollte.

77) Die bisher beschriebenen Wellen sind fortschreitende; es giebt aber auch *stehende* in Flüssigkeiten, und es ist sehr wahrscheinlich, dafs die Gebrüder Weber auch diese genauer untersucht haben, da hierdurch weiteres Licht über die stehenden Schwingungen tönender Körper verbreitet wird. Um diese zu erzeugen, schoben sie in einen viereckigen Kasten a a a a ein Bret b mit der unteren zugeschärften Seite so ein, dafs es vermöge der etwas gröfseren Länge dieser seiner Seite blofs unten an seinen beiden Enden festsafs, von hier an aber bis obenhin zugeschärft war, und sich um eine vom einen bis zum andern eingeklemmten Theile fortlaufende Axe bewegen liefs. Ist der Kasten mit einer Flüssigkeit, es sey diese Wasser, gefüllt, und bewegt man das Bret hin und her, so bilden sich neben demselben Wellen, die mit ihm parallel fortlaufen und von den Wandungen des Kastens zurückgeworfen werden. Setzt man die Bewegung des Bretchens in einem solchen Tacte fort, dafs jene gleich weit entfernte Wellen erzeugt werden, so hört endlich die Fortbewegung der Wellen auf, und die Oberfläche zeigt eine gewisse Anzahl regelmäfsig gestellter kegelförmiger Erhabenheiten, zwischen denen ebenso regelmäfsig eine gewisse Anzahl trichterförmiger Vertiefungen liegt. Die kegelförmigen Erhabenheiten schreiten nicht mehr horizontal fort, sondern bewegen sich in verticaler Richtung aufwärts, sinken alsdann wieder herab, und lassen Vertiefungen zurück, die sich durch eine gleiche verticale Bewegung in Erhabenheiten verwandeln. Im Allgemeinen ist die Oberfläche der Flüssigkeit in regelmäfsige Abtheilungen getheilt, von denen die benachbarten stets isochronisch schwingen. Das Bret giebt dem Ge-

Fig. 101.

fühle den Tact an, in welchem es bewegt werden mu
diesen Wechsel fortdauernd zu unterhalten.

23) Aufser diesen zusammengesetzteren, stehenden S
gungen giebt es auch einfachere, die jedoch gleichfal
die stehenden zu zählen sind, weil sie ihren Ort nicht
dern oder nicht in horizontaler Richtung fortschreiten.
kann man erregen, wenn man in einem länglichen s
Fig. 102. Kasten ein schmales Bretchen d so hinabsenkt, dafs
Boden berührt, an die Seitenwandungen aber nur we
schliefst, so dafs es sich unten feststehend oben hin
bewegen läfst. Geschieht diese Bewegung im erford
Tacte, damit die Welle diejenige Breite erhält, vermö
cher die Breite der ganzen Welle gerade der Länge d
stens gleichkommt, so wechselt die Oberfläche des Was
Gestalt e f g und i k l, und diese Bewegung dauert fort
wenn man später das Bretchen nicht mehr bewegt.
Erzeugung dieser Wellen aus den Gesetzen der Durchki
und Reflexion der fortschreitenden Wellen abzuleiten,
wir auch dasjenige aufnehmen, was Weber zur Erkläru
Fig. 103. ses Verhaltens aufgestellt hat. Es sey also A B die hor
Oberfläche des Wassers im Kasten, und man denke sich
Erzeugung einer ganzen Welle erforderliche Zeit in vi
schnitte getheilt, so dafs jeder Zeittheil der Bildung ein
ben Welle entspricht. Im ersten Zeitraume (1) entste
Hälfte des Wellenberges a b; im zweiten (2) schreitet
bis c fort, während die fortgesetzte Bewegung des Br
die zweite Hälfte desselben erregt; im dritten (3) schr
bis d fort, und hinter ihm entsteht die eine Hälfte des
lenthales a b; im vierten (4) rückt der Wellenberg e d
fort, an die erste Hälfte des Wellenthales b c hat sic
durch weitere Bewegung des Bretchens die zweite b a ges
sen, und in den vier Zeiträumen ist also eine vollst
Welle entstanden, deren Breite gerade die Länge des
chens einnimmt. Wird die Bewegung so fortgesetzt, so
fünften Zeitraume (5) der Wellenberg an die zurücksto
Ebene A angeprallt, hat sich dadurch fast zur doppelten
erhoben, das Wellenthal ist bis b c d fortgerückt, und z
ist die Hälfte eines neu erregten Wellenberges a b hinzuge
men; im sechsten Zeitraume (6) ist der Wellenberg e d n
ger geworden und bis c in umgekehrter Richtung fortges

[illegible] der vielmehr es ist ein umgekehrter Wellenberg entstan- [illegible] da zugleich das ihm zugehörige Wellenthal d c b gleich- [illegible] e d c fortgerückt ist, so vernichten sich beide durch [illegible] auf einen Augenblick, und es entsteht eine Ebene; [illegible] aber rückt der halbe Wellenberg a b nach b c fort, es [illegible] zweite Hälfte desselben a b gebildet, und es ist der [illegible] Wellenberg a b c vorhanden. Im siebenten Zeitraume (7) [illegible] das halbe Wellenthal e d wieder her und erlangt [illegible] Anprallen an der Wand A fast die doppelte Tiefe [illegible] Breite, sofern beide Senkungen zusammenfallen; der [illegible] B hin vorrückende Wellenberg fällt mit dem nach A fort- [illegible] zusammen, und beide vereint geben den fast dop- [illegible] hohen b c d, während wieder ein halbes Wellenthal a b [illegible] wird. Im achten Zeitraume (8) verfolgt der von e d c [illegible] gekommene Wellenberg seinen Weg nach c b a, der [illegible] nach d c b gekommene seinen Weg nach e d c, der [illegible] hohe Wellenberg d c b trennt sich in die beiden [illegible] entgegengesetzten Richtungen fortschreitenden c b a und [illegible] weil das gleichzeitig von A zurückgeworfene Wel- [illegible] e d sich bis e d c ausbreitet, so fällt es mit dem Wel- [illegible] e d c zusammen, beide vernichten sich durch Interfe- [illegible] es entsteht augenblicklich eine Ebene. Während [illegible] der einen Seite geschieht, rückt auch das halbe Thal [illegible] c b vor, in b a bildet sich durch Erregung die zweite [illegible] des Thals, und indem also auch von hier aus das Wel- [illegible] c b a mit dem Wellenberge c b a zusammenfällt, vernich- [illegible] beide durch Interferenz, und die ganze Fläche wird [illegible] Augenblick eben. Im neunten Zeitraume (9) entstehn [illegible] durch die beschleunigte Bewegung bei a b und e d [illegible] aufwärts und zwischen d c b nach abwärts wieder, die [illegible] Thaler c b a und e d c vereinigen sich in d c b zu einem [illegible] fast doppelt so tiefen, der Wellenberg e d c prallt an [illegible] Wellenberg a b c an B ab, und beide werden hierbei [illegible] doppelt so hoch und halb so breit. Jetzt ist die stehende [illegible] vollständig hergestellt und dauert von selbst eine [illegible] fort; die schwingenden Theile schwingen nach ent- [illegible] Seiten und halten sich das Gleichgewicht. Im [illegible] Zeitraume (10) gehn die beiden in d c b vereinigt ge- [illegible] Wellenthäler durch einander, das eine nach e d c, das [illegible] nach c b a, und da sich gleichzeitig der bei B abgeprallte

Wellenberg bc nach cba ausbreitet und mit dem Wel
cba zusammenfällt, der von A abgeprallte Wellenberg
nach edc sich ausbreitet und mit dem Wellenthale e
zusammenfällt, so vernichten sich beide durch Interferenz,
entsteht abermals eine ebene Fläche. Im elften Zeitrau
vereinigen sich die beiden Wellenberge cba und edc
zu einem Wellenberge von fast doppelter Höhe, das
thal edc stößt in A an, wird halb so breit und fast
so hoch, das Wellenthal cba stößt gegen B, wird
gleichfalls halb so breit und fast doppelt so tief, un
wiederholen sich von da an stets die letzten drei Lage
zwölften Zeitraume tritt die 10te, im dreizehnten die
vierzehnten die 10te, im fünfzehnten die 11te Lage wi
und so fort, bis durch allmälige Abnahme der Stillst
beigeführt wird. Es läßt sich leicht zeigen, daß ein
oder ähnliches, mindestens dem Wesen nach ganz über
mendes Verhalten eintritt, wenn die Länge des Gefä
die Schnelligkeit der Bewegung das Entstehen einer ga
einer halben, oder zwei ganzen Wellen gestattet u. s. w
die Schwankung einer halben stehenden Welle läßt
zeigen, und zwar sehr leicht, wenn die Hälfte des
berges und des Wellenthales abwechselnd zum Vorschei
men. Sie zeigen sich in den Schwankungen einer Fl
Fig. 104 in einem Gefäße, indem die Oberfläche zwischen de
ab und cd wechselt.

24) Was hier von der Flüssigkeit in langen, schma
fäßen nachgewiesen ist, findet auch Anwendung a
eckige gleichseitige, und wenn die in den ersteren e
mit den Oscillationen tönender Stäbe vergleichbar sind,
sen sich die letzteren mit denen der Scheiben verg
Wenn aber mehrere Wellen und in verschiedenen Ric
einander begegnen, so wird die Aufgabe zusammengesetz
es entstehen dann die bereits (§. 22) im Allgemeinen e
ten Erhabenheiten und Vertiefungen auf der ebenen W
che. Wellen dieser Art lassen sich auch hervorbringen
man einen Körper in schnellen Wechsel in die Fl
eintaucht, die sich in einem Gefäße befindet. Ist z. B
teres ein viereckiges, einige Zoll tief mit Quecksilber g
und wird der Finger im gehörig schnellen, regelmäßige
eingetaucht und wieder herausgezogen, so entsteht ein

mäßige Figur aus Erhabenheiten und Vertiefungen, kegelförmi- Fig.
gen Wellenbergen und Wellenthälern zusammengesetzt, wie die 105.
Zeichnung sie angiebt, worin die kleinen Kreise die kegelför-
migen Erhabenheiten, die Kreuzchen aber Vertiefungen be-
zeichnen, die an den nämlichen Stellen regelmäßig wechseln.
Solche stehende Wellen werden auch erzeugt, wenn man das
regelmäßig gestaltete Gefäß auf eine elastische Unterlage stellt,
z. B. auf das Rohrgeflecht eines Stuhles, und durch regelmäßig
wiederholte Stöße von unten erschüttert. Die hierdurch er-
regten, von den Wandungen zurückgestoßenen Wellen er-
zeugen dann durch ihre Vereinigung und Durchkreuzung die
mannigfaltigsten Figuren, die der Hauptsache nach aus den
angegebenen kegelförmigen Erhabenheiten und Vertiefungen be-
stehn, zwischen denen noch eine Menge kleiner, sich viel-
fach durchkreuzender Wellen vorhanden seyn kann. Bedient
man sich eines quadratischen Gefäßes mit Quecksilber, und ge-
regt es, durch die regelmäßigen Stöße nach einander gleich-
zeitig an allen vier Seiten des Gefäßes Wellen zu erregen,
deren Breite der halben Fläche des Gefäßes gleich kommt, so
erzeugt man die in den acht Quadraten gezeichneten Figuren zu
erhalten. Die ersten Wellenberge an allen vier Seiten sind Fig.
dann mit A, die zugehörigen Wellenthäler mit a, die zweiten 106.
Wellenberge mit B und ihre Wellenthäler mit b, die dritten
Wellenberge mit C und ihre Wellenthäler mit c bezeichnet,
um in allen acht Quadraten den Fortgang und die Begegnung
der Wellen ohne Erklärung zu verstehn. Die Zeit, in welcher
eine Welle um den Raum ihrer Breite fortschreitet, ist in vier
gleiche getheilt, und jedes der acht Quadrate bezeichnet einen
dieser Zeittheil. Beim Versuche selbst ist interessant zu sehn,
wie die ganze Fläche des Quecksilbers anfänglich mit einer
großen Zahl größerer und kleinerer sich durchkreuzender Wel-
len, welche regelmäßige Vierecke bilden, bedeckt ist, die sich
an den Stellen der Durchkreuzung mehr erheben und vertiefen,
so dann aber plötzlich diese alle verschwinden, und an ihre
Stelle die kegelförmigen Erhabenheiten und Vertiefungen treten,
die nicht mehr fortschreiten, sondern abwechselnd aufsteigen
und niedersinken.

Welche Bewegung die Flüssigkeitstheilchen in diesen Wel-
len annehmen, läßt sich im Allgemeinen leicht bestimmen,
wenn man berücksichtigt, daß ihre Bildung auf einer regel-

mäfsigen Durchkreuzung der Wellen beruht. Hiernach gen sich also die Flüssigkeitstheilchen nicht in kreisfö und elliptischen Bahnen, sondern diese verlieren zune mehr von ihrem horizontalen Durchmesser, während ihr caler wächst, bis die Bahn eine geradlinige wird, wie oben (§. 17 Fig. 99) bereits erläutert worden ist. Die d der entstehenden Kegel nahe liegenden Theile bewege genau in verticaler Richtung, bei den sich mehr von entfernenden werden die Bahnen gekrümmter, ohne dafs die Gebrüder Weber diese Krümmungen durch Messung nau zu bestimmen vermochten.

Stehende Schwingungen in Flüssigkeiten werden ganz selten beobachtet. Ob sie auf dem Meere vorkc dürfte zweifelhaft seyn, da die vorzüglichste Ursach Entstehens, nämlich das Zurückprallen von den einschl den Wandungen, fehlt, wiederholte Durchkreuzungen abe nicht so regelmäfsig auf einander folgen dürften, als zu Entstehung erfordert wird. Daher möchte ich auch d James Horsburgh[1] im chinesischen Meere durch eine phon erzeugten nicht für stehende Wellen halten, obgl von ihnen heifst, dafs sie nach allen Seiten liefen, u Aussehn von hohen Bergen und Pyramiden erhielten, eine in die andere mit grofser Gewalt einbrachen. Häu gegen nimmt man sie wahr in Gefäfsen mit Flüssigkeit füllt, wenn diese bewegt werden, in welchem Falle da kegelförmige Erhabenheiten bilden, deren Spitzen oft bed hoch empor geworfen werden, welches einige Aehnl damit hat, dafs ein Stein oder auch selbst nur ein Wassert wenn man ihn aus einiger Höhe auf eine ebene Wass fallen läfst, das Aufspringen eines Tropfens bis zu betr cher Höhe veranlafst. Die Arbeiter pflegen daher beim oder Fahren der Wassergefäfse ein Stück Holz, ein l hölzernes Kreuz oder einen Strohkranz auf der Wass schwimmen zu lassen, um dadurch die Regelmäfsigk Schwankungen zu stören und die Bildung der stehende len zu verhüten. Weber bemerkt, dafs selbst Flüssig in denen sich nicht leicht fortlaufende Wellen bilden, z zeugung der stehenden sehr geeignet sind, z. B. Rübsa

1 Nicholson's Journ. T. XV. G. XXXII. 408.

wenn in einem Gefäfse erschüttert leicht die konischen Wellenberge bildet, von deren Spitzen Tropfen bis zu bedeutenden Höhen empor springen; zu Versuchen ist aber Quecksilber bei weitem am geeignetsten.

C. Theorie der Wellenbewegung.

a) Allgemeine Bemerkungen.

35) Die Flüssigkeiten sind nicht zusammendrückbar, daher ihre Bestandtheilchen höchst beweglich; beide Eigenschaften sind sehr wesentlich zur Erklärung der Wellenbewegung. Wird eine Flüssigkeit gestofsen, so pflanzt sich, in Folge der ersten Eigenschaft, dieser Stofs nach allen Seiten auf sphärische Weise sehr schnell fort, die sich auch namentlich bei der Fortpflanzung des Schalles zeigt, ohne dafs die Theilchen der Flüssigkeit selbst in Bewegung kommen und ihre gegenseitige Lage ändern; es entstehn also hierdurch keine eigentlichen Wellen. Um dieses factisch zu beweisen, füllten die Gebrüder Weber eine zwölf Fufs lange hölzerne Röhre mit Wasser, spannten dasselbe dadurch, dafs an beiden Enden Kolben eingebunden waren, und wenn dann die eine von diesen gestofsen wurde, so empfand die an die andere gelegte Hand den Stofs instantan ohne mefsbaren Zeitverlust. Sobald aber durch einen Stofs oder eine sonstige Ursache eine Bewegung der Flüssigkeitstheilchen erzeugt ist, theilt diese sie den angrenzenden Theilchen mit und setzt diese, Beweglichkeit derselben vorausgesetzt, gleichfalls in Bewegung, die sich nun aber blofs den benachbarten Theilen und nach einiger Zeit den entfernteren mittheilt. Um den Fortgang dieser Bewegung zu prüfen, versahn die Gebrüder Weber die fest auf einander gebundenen, einen Zoll dicken und zwei Fufs langen Bretter $\alpha\alpha'$, $\beta\beta'$ inwendig mit einer Rinne, füllten diese mit Fig. 107.
Quecksilber und bohrten die Löcher a, b, c, d, e, f, g, h, i in sie, in deren erstes die Glasröhre a' hineingesenkt wurde. Durch kleine Leisten war dafür gesorgt, dafs das aus jedem Loch ausfliefsende Quecksilber in ein besonderes Gefäfs geriet. Demnächst sog einer der Beobachter eine Quecksilbersäule in etwa einen Zoll hoch in der Glasröhre empor, hielt sie fest, bis das Quecksilber in allen Löchern so hoch wieder

nachgefüllt war, dafs es über denselben die gröfste Höh
halben Tropfens erreicht hatte, und liefs sie dann herab
Hätte sich der hierdurch erzeugte Stofs momentan du
ganze Länge des Quecksilbers in der Rinne gleichmäfs
breitet, so mufste aus allen Löchern eine gleiche Menge
silber in die Gefäfse abfliefsen, was jedoch nicht gesch
dem vielmehr nur aus den fünf zunächst der Röhre a
lichen, aus den drei letzten aber gar kein Quecksilber
Zugleich mufsten die nächsten Gefäfse sofort entfernt
denn die aufgesogene Quecksilbersäule sank beim Nied
unter das Niveau hinab, wurde dann über dasselbe w
die Höhe gehoben und sank zum zweiten Male herab,
dann abermals Quecksilber aus den nächsten Oeffnung
trieben wurde. War die herabsinkende Quecksilbersä
0,25 Zoll hoch, so flofs blofs aus der nächsten Oeffnung
silber aus, bei 0,5 Zoll Höhe der Quecksilbersäule a
bei 1 Zoll Höhe aus drei, bei zwei und drei Zoll H
vier Oeffnungen und bei 4 Zoll aus fünfen. Dabei w
zeit die ausgeflossene Menge bei zunehmender Entfern
Oeffnungen geringer. Waren aufser den Oeffnungen
alle übrigen verkorkt, so flofs aus diesen beiden offenen
silber aus, aber aus e bedeutend mehr, als aus i, war
erste und letzte nebst einer mittleren Oeffnung unverkorkt
aus allen dreien, aus der letzten aber am wenigsten
silber aus. Wenn also alle Löcher offen blieben, so er
sich die Kraft des Stofses durch auslaufendes Quecksilb
es entstand keine Welle, die bis ans Ende fortlief,
derstand des in der langen Furche eingeschlossenen Que
war zu stark, als dafs die Wellenbewegung in ihm
Ende fortlaufen konnte, als aber eine 38 Zoll lange, 5
Glasröhre, auf welcher 46 senkrechte, 3,8 Lin. weit
röhren aufgerichtet waren, mit Quecksilber gefüllt
dieser der Versuch wiederholt wurde, sah man sehr deu
fortlaufende Welle.

Die Gebrüder Weber zeigen ausführlich, wie a
Weise die Geschwindigkeit der Wellen in Flüssigkeite
zu derjenigen gesteigert werden könne, womit der Sch
dieselben fortgepflanzt wird, und mir scheint dieses a
einfachen Principien nothwendig zu folgen. Wenn ei
elastischer Kugeln, die sich sämmtlich einander un

berühren, sich in einer solchen Lage befinden, dafs eine gerade Linie durch die Mittelpuncte derselben läuft, und die erste derselben gestofsen wird, so pflanzt sich diese Bewegung durch die willkürlich lange Reihe mit unmefsbarer Geschwindigkeit fort, und die letzte wird mit der angewandten Kraft abgestofsen[1]. Will man hiervon eine Anwendung auf die Fortpflanzung des Stofses der Schallvibrationen durch feste und flüssige Körper machen, so darf man nicht übersehn, dafs die einfachen Kugeln eine gewisse Masse haben und aus einer unbekannten, aber sehr grofsen Menge von Molecülen bestehn, die durch den Stofs näher in einander geschoben werden, dann in Folgeheit der Elasticität wieder an ihren Ort zurückkehren, und dieses zwar mit der nämlichen Kraft, wodurch die Lage der Theilchen verändert wurde. Ist dagegen der Stofs gegen einen zusammenhängenden festen, hauptsächlich aber flüssigen Körper gerichtet, so trifft derselbe die zunächst berührten Molecüle, bringt diese, so weit es seyn kann, den folgenden näher, welche dann eine gleiche Wirkung gegen die ihnen zunächst liegenden äufsern, und so fort bis ans Ende des zusammenhängenden Körpers. Die einzelnen Molecüle ändern dabei ihre Lage nicht mefsbar; man kann sich zwar vorstellen, dafs sie pendelartig oscillirend mehrmals hin und her schwanken, die Erfahrung kann aber hierüber keine Auskunft geben, und auf jeden Fall werden die Molecüle der Flüssigkeiten durch den Conflict der anziehenden und abstofsenden Kräfte in verschwindend kurzer Zeit in den Zustand des stabilen Gleichgewichts zurückkehren, wie schon aus der geringen Zusammendrückbarkeit tropfbar-flüssiger Körper von selbst folgt. Wie schnell diese Bewegung von einem Molecül zum andern und somit durch eine gegebene Länge eines festen oder flüssigen Körpers fortgepflanzt werde, ist theoretisch unbestimmbar, weil wir die Gröfse der Wärmeatmosphären und ihr Verhältnifs zu den Atomen ebenso wenig, als den Abstand der letzteren von einander genau kennen; auf jeden Fall mufs die Geschwindigkeit der Fortpflanzung weit gröfser seyn, als die der Wellen zugehörige. Die Bildung der Wellen, seyen es nun stehende oder fortschreitende, erfordert bei flüssigen Körpern Zeit Beweglichkeit der einzelnen mefsbar grofsen Flüssig-

[1] Vergl. Art. Stofs. Bd. VIII. S. 1073.

keitstheilchen, und wenn sich daher der Stofs auch d
Molecüle der Körper fortpflanzt, so wird dennoch nich
eine eigentliche Wellenbewegung eintreten, als bis die g
nen Theile sich in den bereits beschriebenen Bahnen z
gen vermögen. Um diese Bahnen zu beobachten und z
wie sich die Wellen bilden und wie sie fortschreiten,
Fig. 108. die Gebrüder Weber einen zweckmäfsig construirten
angewandt. Zwei Leisten aus hartem Holze $\alpha\alpha'\ldots$ $\beta\beta'$
auf einander liegend ein Parallelepipedon bildeten, waren
dig mit einer 0,5 Zoll hohen und 0,25 Z. breiten Rin
sehn, um die gewählte Flüssigkeit aufzunehmen. Die
wandungen des Parallelepipedons waren durch länglic
eingesetzten Glasscheiben x, x'... versehne Zwischenr
unterbrochen, dafs man die Bewegung der Flüssigkei
Rinne zu beobachten vermochte. Auf der oberen Sei
6 Fufs langen Parallelepipedons waren 37 Glasröhren vo
Durchmesser so eingesetzt, dafs sie mit der Rinne co
cirten und je zwei Zoll Zwischenraum zwischen sich
Wurde dann der Apparat mit Wasser gefüllt, bis dieses
Röhren einen Zoll hoch stand, und sog man in der ein
röhre einen Wassercylinder von 6 Zoll Höhe hinauf,
wahrte man nach dem schnellen Herabsinken desselb
Welle, die sich nach dem Steigen und Fallen des W
den Röhren gerade so zeigte, fortlief und von dem
Ende zurückgeworfen wurde, als dieses in der offenen
rinne statt fand, blofs mit dem Unterschiede, dafs die
gung viel schneller war; ein aus den vorausgeschick
trachtungen nothwendig folgendes Resultat. Noch d
zeigte sich das Fortschreiten der Wellen bei der oben e
ten 38 Zoll langen Glasröhre, mit 46 auf ihr vertical
richteten engeren Glasröhren, wenn diese sämmtlich bis
nem Zoll Höhe mit Quecksilber gefüllt waren; denn d
fsere Nähe der verticalen Röhren verstattete die Welle
gung genauer wahrzunehmen.

26) Newton hat die Schwingungen der Flüssigk
einer zweischenkeligen communicirenden Röhre (§. 1)
untersucht und auf die Oscillationen eines Pendels zu
führt. Hieran schliefsen sich die Versuche der Gebrüde
ber mit einem Apparate, welcher drei communicirende
Fig. 109. vereinigte. In einem zwei Fufs langen Parallelepiped

hten Holze war eine 0,5 Quadratzoll im Querschnitt weite Furche eingelassen und in diese die drei Glasröhren A, B, C eingesenkt. Die Röhren hatten 3,6 Lin. im Durchmesser und wurden nebst der Rinne so mit Quecksilber gefüllt, dafs dieses in allen einen Zoll über die Fläche des Holzes hervorragte. Zwei Beobachter sogen dann das Quecksilber in der Röhre A zwei Zoll, in der Röhre B einen Zoll in die Höhe, wodurch dasselbe in C der Fläche des Holzes gleich stand, und liefsen nach einem gegebenen Zeichen ganz gleichzeitig herabsinken, worauf es augenblicklich in der Röhre B stieg und in der Röhre C noch stärker. Dieses Resultat war allerdings merkwürdig, denn da die Oberflächen des Quecksilbers in den Röhren eine gerade Linie und mit der Ebene des Parallelepipedons einen Winkel von 4° 29′ bildeten, die Höhe in B also genau das Mittel zwischen der in A und C hielt, so mufste man erwarten, dafs das Quecksilber in B ruhig bleiben, in A und C aber abwechselnd steigen und fallen würde. Die Erfahrung lehre aber, dafs die gleichzeitig durch das in A und B herabsinkende Quecksilber erregten Wellen sich fortwälzten, weswegen in B das Herabsinken durch die gleichzeitig von A aus ankommende Welle aufgehoben und in ein Steigen verwandelt werden, in C aber, wegen des tieferen Standes, das Steigen noch bedeutender seyn mufste. Weber bemerkt zugleich, dafs B im Stillstande bleiben würde, wenn man gleichzeitig mit dem Fallen des Quecksilbers in A das in C befindliche zum Aufsteigen brächte. Ist die Röhre B nur zwei Zoll hoch, wird sie ganz mit Quecksilber gefüllt und mit dem Finger verschlossen, und läfst man erst einige wechselseitige Oscillationen in A und C erfolgen, ehe man B öffnet, so bleibt das Quecksilber ruhig, und der Zustand ist dem gleich, als ob bei B gar keine Oeffnung vorhanden wäre. Hierbei verwandelt sich die fortschreitende Schwingung in A und C in eine stehende besonderer Art; denn A und C haben genau 7 Schwingungen, wenn B deren 10 hat, wobei die geschwinderen Schwingungen auf die langsameren und umgekehrt keinen merklichen Einfluss äufsern.

b) Newton's Theorie.

27) Die älteste Theorie der Wellen ist die von Ne
aufgestellte, welche so eben erwähnt wurde. Die A
dieses scharfsinnigen Gelehrten von der Wellenbewegung
dete sich auf die Versuche, die er mit Flüssigkeiten in
municirenden Röhren angestellt hatte, und er hielt die
henden Schwingungen für die einzigen, die bei den We
tropfbar-flüssigen Körper überhaupt statt finden. H
sind die Wellenberge des Wassers seiner Meinung n
Erhebungen, die in dem einen Schenkel communicirend
ren sich zeigen, die Wellenthäler dagegen die Vertiefun
andern. Diese Vorstellung mufste Unterstützung in d
blicke der Meereswellen finden, sofern man wahrnimm
leichte, auf diesen schwimmende Körper abwechselnd h
aufsteigen und herabsinken. Ob er hierbei auch den U
beachtet habe, dafs die Wellen, obgleich an der nä
Stelle die Erhabenheiten stets mit den Vertiefungen abwe
dennoch blofs nach einer Seite hin fortzuschreiten schei
im Grunde auch ohne ein eigentliches Fortfliefsen wirkli
schreiten, finde ich in seinen Aeufserungen nicht deutl
gegeben, obgleich er von der kreisförmigen Ausbreitu
von einem Puncte ausgehenden Wellen redet. Gesetzt a
wäre dieser Umstand seiner Aufmerksamkeit nicht ent
so konnte er dieses leicht als eine sich von selbst dar
und daher der besondern Erwähnung gar nicht bedürfend
kung des Druckes halten, welchen der Wind auf die Hö
der Wellen ausübt.

Dagegen entwickelte Newton deutlich das Ges
Schwingungen stehender Wellen tropfbarer Flüssigkeiten.
ihm heifst dasselbe wörtlich: wenn Wasser in den a
gerichteten Schenkeln communicirender Röhren oscillirt
man ein Pendel herstellt, dessen Länge zwischen dem
hängepuncte und dem Schwingungsbogen (*centrum oscilla*
der halben Wasserhöhe in den Röhren gleich kommt, s
den die Schwingungen beider gleichzeitig seyn. Den Bewei
Satzes liefert folgende Construction. Es sey in den com
Fig. 110. cirenden Röhren KL, MN die mittlere Wasserhöhe AB

1 Phil. Nat. princip. math. Lib. II. sect. VIII.

der gleiche Höhe seines Aufsteigens und Herabsinkens aber sey GH und EF. Ferner sey VP ein Pendel und RPQS sein cykloidischer Schwingungsbogen und die Höhe des Bogens PQ der Höhe AE gleich. Dieses vorausgesetzt ist die Kraft, wodurch das Wasser in den Schenkeln abwechselnd steigt und fällt, das Uebergewicht des Wassers in dem einen Schenkel über das Gewicht des Wassers im andern. Wenn daher das Wasser in dem einen Schenkel bis EF steigt, im andern bis GH sinkt, so ist die Kraft einer doppelten Wassersäule EABF gleich, und verhält sich daher zum Gewichte der gesammten Wassermasse wie AE oder PQ zu VP oder PR. Es vermindern sich daher die bewegenden Kräfte beim Wasser und beim Pendel, wenn beide gleiche Räume AE und PQ herabfallen, wie die zu bewegenden Massen. Beträgt also die Höhe der ganzen Wassersäule in communicirenden Röhren $6\frac{1}{9}$ Par. Fufs, so wird das Aufsteigen in einer Secunde und das Herabsteigen gleichfalls in einer Secunde erfolgen, denn ein Pendel von $3\frac{1}{19}$ Par. Fufs Länge vollendet in dieser nämlichen Zeit eine einfache Schwingung.

Obgleich diese Demonstration richtig ist, so kann sie doch in Gemäfsheit des neuerdings genauer erkannten Verhaltens der fortschreitenden Wasserwellen diejenige Anwendung nicht leiden, welche Newton hierauf macht. Die Geschwindigkeit der Wasserwellen soll nämlich den Quadratwurzeln ihrer Breite proportional seyn, und ein Pendel, dessen Länge der Wellenbreite gleich ist, in eben der Zeit eine einfache Oscillation vendigen, in welcher die Welle um ihre Breite fortschreitet, weil dieses diejenige Zeit ist, in welcher der Wellenberg seine gröfste Höhe und das Wellenthal seine gröfste Tiefe erreicht. Man ersieht also hieraus deutlich, dafs Newton die Wasserwellen als stehende Oscillationen betrachtete, indem er noch hinzusetzt, dafs das Aufsteigen und Niedersinken der Wassertheilchen als in einer geraden Linie erfolgend betrachtet werde, da es doch mehr in einem Kreise geschehe, weswegen die theoretische Zeitbestimmung mit der wirklichen nur annähernd übereinstimme.

28) Diese kurzen, aber sehr deutlichen Sätze wurden durch 's Gravesande[1] weiter ausgeführt, und die Theorie

[1] Physices Elementa mathem. cet. edit. 4. Leidae 1748. 4. T. I. Lib. III. Cap. XI. p. 492.

wurde lange als genügend betrachtet, gilt auch gegen
noch als solche für die stehenden Wellen, namentlich
gen, welche den Schall fortleiten; inzwischen zeigte LAGR
dafs sie auf die gewöhnlichen Wasserwellen nicht anw
sey, weil diese sich nicht als rein verticale Oscillation
trachten liefsen, und hiermit stimmen auch die späte
lehrten überein, welche das Problem der Wellen vor
dem Calcül unterwarfen. Uebrigens erkennen die G
WEBER den Werth des von NEWTON angestellten Ve
an, welcher sie zu den ähnlichen (§. 25 u. 26) veranlafs
vorzüglich dazu dienten, den von ihnen aufgefundenen
schied der stehenden und der fortschreitenden Wellen an
lich zu machen.

c) LAPLACE's Theorie.

29) Es scheint mir unnöthig, den Calcül, welche
PLACE über die Wellenbewegung tropfbarer Flüssigkeiten
gestellt hat, ganz mitzutheilen, und eine Abkürzung de
ist nicht wohl zulässig; zudem überzeugt man sich bald
er den wesentlichen Unterschied zwischen den fortschrei
und den stehenden Wellen sich nicht deutlich vorgestel
Er denkt sich eine Curve bis zu geringer Tiefe in eine
sigkeit herabgedrückt, diese nach hergestellter Ruhe pl
weggenommen, und berechnet dann die Zeit der Oscill
welche zugleich die des Fortschreitens der Welle seyn
Hierdurch gelangt er zu dem Resultate, dafs, wenn die
bis zu ungleicher, gröfserer oder geringerer Tiefe herabge
ist, die Zeit des Fortganges einer Welle bis zu einer g
nen Entfernung stets die nämliche seyn wird, ungefäh
die Zeit einer Pendelschwingung nahe gleich ist, die Sc
gungsbogen seyen grofs oder klein, vorausgesetzt, da
überhaupt eine merkliche Gröfse nicht übersteigen. Die
der Wellen oder die Ausdehnung der gleichzeitig bew
Flüssigkeiten übt auf die Zeit ihres Fortschreitens keinen
deutenden Einfluss aus, und wenn nach NEWTON diese Z
sich wechselseitig wie die Quadratwurzeln der Breiten ve

---

1 Nouv. Mém. de l'Acad. de Berlin pour 1786. Berl. 17
p. 181.

n sollen, so verhalten sie sich nach Laplace vielmehr wechselseitig wie die Quadratwurzeln der Höhen. Ist die Tiefe der Flüssigkeit sehr grofs in Vergleichung zu dem Halbmesser des in der Oberfläche der Wellen gelegten Krümmungskreises, so sind die Zeiten des Fortschreitens der Wellen, die von verschiedenen Curven oder von der nämlichen in verschiedenen Punkten begrenzt sind, im wechselseitigen Verhältnisse der Quadratwurzeln der Halbmesser der Krümmungskreise, und die Geschwindigkeiten verhalten sich direct wie diese Quadratwurzeln. Diese Darstellung und die unmittelbare Vergleichung der Wasserwellen mit denen, welche den Schall fortpflanzen, zeigen genugsam, dafs auch Laplace von der Vorstellung Newton's, dafs Wasserwellen für das Resultat stehender Schwingungen zu halten, nicht abgewichen sey.

d) Lagrange's Theorie.

Herr Lagrange[1] fand Newton's Theorie nicht befriedigend, weder in ihrer ursprünglichen einfachen Gestalt, noch in derjenigen Modificationen, welche sie durch Laplace erhalten hatte; er unternahm es daher, eine neue aufzustellen, gelang es ihm nicht, das Problem zu lösen, weil ihm die Kenntnifs der erst später aufgefundenen Bewegung der Fortpflanzungszeichen fehlte. Eben daher geht er davon aus, die Fortpflanzungsbewegung des Wassers auf eine genäherte Weise als derjenigen ähnlich nachzuweisen, welche in der Luft bei der Fortpflanzung der Schallwellen statt finde. Es sey daher TV Fig. 111.
der horizontale Boden eines mit Wasser bis zu geringer Tiefe gefüllten Bassins, AE die ebene oder in Ruhe befindliche Oberfläche desselben und ABCDE die in Wellenbewegung befindliche. Denkt man sich die ganze Masse des ruhenden Wassers in eine Menge rectangulärer Säulen aEFb; bFGd... von der Höhe = aE; bF... und der Breite = EF; FG..., unter verschwindend klein angenommen, getheilt, so kann man ohne merklichen Irrthum annehmen, dafs diese mit Beibehaltung ihrer Gestalt und ihres Inhalts in die Säulen $\alpha\varepsilon\varphi\beta$; $\beta\varphi\delta$... verwandelt werden, das Wasser als nicht zusam-

[1] Mécanique analytique. 2me Part. 8me Sect. p. 487. Deutsche Uebers. von Michard S. 550. Mém. de Berl. 1786. Berl. 1788. p. 192.

mendrückbar vorausgesetzt, und es wäre dann nur d
zontale Bewegung dieser Säulen noch nachzuweisen.
man sich nämlich die beiden neben einander liegende
$\alpha\varepsilon\varphi\beta$; $\beta\varphi\gamma\delta$..., so würden sie bei gleicher Höh
Druck gegen einander ausüben, also auch keine Bewegu
stehn können; wenn aber die Höhe $\alpha\varepsilon$ der einen gröfse
die Höhe $\beta\varphi$ der andern, so mufs der Unterschied α
in allen Puncten der Linie $\beta\varphi$ einen Druck gegen das
gel $\beta\varphi\gamma\delta$ erzeugen, welcher diesem Unterschiede pro
ist. Der hieraus hervorgehende Gesammtdruck gegen d
ment $\beta\varphi\gamma\delta$, welcher ihm eine horizontale Bewegung z
vermag, würde demnach $= (\alpha\varepsilon - \beta\varphi)\beta\varphi$, und we
diesen im Verhältnifs zur bewegten Masse $\beta\varphi\gamma\delta$ nim
giebt dieses $\frac{(\alpha\varepsilon-\beta\varphi)\beta\varphi}{\beta\varphi\gamma\delta}$ als den Werth der beschleu
horizontalen Kraft des Elementes $\beta\varphi\gamma\delta$ oder des Punc
der Richtung gegen V. Weil aber $\alpha\varepsilon\varphi\beta = aEFb$, $\beta\varphi\gamma\delta =$
und $aEFb = bFGd$, so hat man $\alpha\varepsilon = \frac{aEFb}{\varepsilon\varphi}$; $\beta\varphi =$
mithin $\alpha\varepsilon - \beta\varphi = \frac{aEFb(\varphi\gamma-\varepsilon\varphi)}{\varphi\gamma\times\varepsilon\varphi}$, oder $= \frac{aEFb(\varphi$
weil der Ueberschufs der Höhen $\alpha\varepsilon$; $\beta\varphi$ über die urs
chen Höhen aE; bF als verschwindend klein angenom
und demnach $\varepsilon\varphi$; $\varphi\gamma$ nur unmerklich von EF vers
sind. Sofern daher $\beta\varphi\gamma\delta = aEFb$ und $\beta\varphi$ nahe
$= aE$ ist, so erhält man für die beschleunigende Kraft d
ctes φ den Ausdruck $\frac{(\varphi\gamma - \varepsilon\varphi)\times aE}{(\varepsilon F)^2}$.

Fig. 112. Lagrange nimmt dann zur Erläuterung dieser Be
eine willkürliche Curve PKH hinzu, und setzt voraus,
einer willkürlichen, durch den Bogen PH dargestellten
Punct E den verschwindenden Raum $E\varepsilon = PL$, und die
F; G... die sehr kleinen Räume $F\varphi = PM$; $G\gamma$
zurückgelegt haben, ein constantes Verhältnifs zw
HI; IK... und EF; FG ... vorausgesetzt. Da
$\varepsilon\varphi = EF + F\varphi - E\varepsilon = EF + PM - PL = EF -$
$\varphi\gamma = FG + G\gamma - F\varphi = FG + PN - PM = EF -$
Hiernach ist also die gesuchte Kraft $= \frac{ML-NM}{(EF)^2}\times aE$
ebenso findet man die beschleunigende Kraft des Pun

l h des Punctes E an der Stelle s, durch den Ausdruck $\frac{Ll - ML}{(EF)^2} \times aE$ (wenn man den Bogen Hh = IH nommen und die Ordinate hl herabgesenkt hat), d. h. $= \frac{Ll - ML}{(HI)^2} \times \left(\frac{HI}{EF}\right)^2 \times aE$ als diejenige beschleunigende kraft, welche bewirkt, dafs der Raum PL in der Zeit PH r Hypothese gemäfs durchlaufen wird. Damit diese Hypo- se gelte, mufs nach den Regeln der Mechanik diese Kraft m Unterschiede der Geschwindigkeiten $\frac{Ll}{Hh} - \frac{ML}{HI}$ zum Ele- nente der Zeit proportional, also (weil $Hh = HI) = \frac{Ll - ML}{(HI)^2}$ yn. Die Vergleichung beider Ausdrücke für die beschleuni- nde Kraft giebt die Gleichung

$$\left(\frac{HI}{EF}\right)^2 \times a\,E = 1,$$

elche von der Figur der Krümmung PH unabhängig ist und ls dazu dient, das constante Verhältnifs $\frac{EF}{HI} = \sqrt{aE}$ zu be- zeichnen. Somit ist also das vorausgesetzte Gesetz genau und die Curve PH bleibt willkürlich, wie dieses bei der Theorie von der Fortpflanzung des Schalles gleichfalls statt findet.

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Curve PH von der ur- sprünglichen Erschütterung des Wassers abhängt, das heifst der erstreckung der Wassersäulen aEFb; bFGd..., je nach der e Wellen erzeugenden Ursache; die Auflösung dieser Auf- abe ist daher allgemein, wie auch diese ursprünglichen Er- schütterungen seyn mögen, und die Geschwindigkeit der Wel- n ist hiervon gänzlich unabhängig, wie die der Luftwellen, e den Schall fortpflanzen, denn man sieht leicht, dafs diese eschwindigkeit gleichfalls durch das constante Verhältnifs EF n HI ausgedrückt wird, weil in Gemäfsheit der Construction ach der Zeit HI die Puncte F und G gleiche Räume durch- aufen haben, als die Puncte E und F beim Anfange dieser Zeit, nd dafs diesemnach ihr Abstand und also die Höhe der ih- en zugehörigen Säule nach dieser Zeit die nämliche seyn wird, als die der Säulen, die den Puncten E und F im An- fange dieser Zeit zugehörten, so dafs man annehmen kann,

diese habe während der Zeit HI einen ihrer Basis Raum, welcher ungefähr gleich EF gesetzt werden ka rückgelegt. Ist aber $\frac{EF}{HI} = \sqrt{aE}$, so folgt hieraus, dafs schwindigkeit des Fortschreitens der Wasserwellen d gleich seyn wird, welche ein Körper durch das He von der halben Höhe aE, die der halben Höhe des im Canale gleich ist, erlangen würde. Hier zeigt s vollkommene Analogie mit der Fortpflanzung des Schall che theoretisch aus der halben Höhe der Atmosphäre überall gleich dicht angenommen, abgeleitet wird. Wi bei gleich vorausgesetzt, dafs die Tiefe des Wassers ni deutend sey, so liegt hierin kein Hindernifs, denn m nur annehmen, dafs die Erschütterung des Wassers n hinabreiche, wie dieses aus der Adhäsion der Wassert unter einander folgt und durch die Erfahrungen bei de reswellen Bestätigung findet. Kennt man aber die Ge digkeit der Wellen durch Messung, so läfst sich hie Tiefe, bis zu welcher das Wasser bewegt wird, auffinde diese beträgt allezeit das Doppelte der Höhe, die der b teten Geschwindigkeit zugehört.

Aus diesen letzten Sätzen geht klar hervor, da GRANGE bei seiner Theorie von Principien ausging, die Erfahrung keineswegs begründet sind; im Wesentlichen aber seine Theorie auf die durch NEWTON aufgestellte und man kann blofs sagen, dafs er dieselbe anders cirt habe.

e) FLAUGERGUES's Theorie.

31) Dieser Theorie[1] legen die Gebrüder WEBER gröfseren Werth bei, als mit der geringen, ihr bish schenkten Aufmerksamkeit übereinkommt; denn sie i Versuche gegründet, die sehr geeignet sind, mit ihren e verglichen zu werden. Diese, mit seinen eigenen Worte dergegeben, sind folgende.

---

1 Verhandelingen uitgegeven door de Hollandsche Maats der Weetenschappen te Haarlem. XXIX. Deel. Haarl. 1793. p. 1

1) In einem Behälter von etwa 12 Quadratfuſs Oberfläche befand sich eine 3 Fuſs tiefe Wasserschicht. Das Gefäſs stand in einem eingeschlossenen Raume, um jeden Einfluſs des Windes zu vermeiden. In dem Wasser schwammen Kugeln von Wachs, die durch etwas eingeschlossenes Blei ein dem Wasser nahe genau gleiches specifisches Gewicht hatten. Als alles in vollkommener Ruhe war, wurden Wellen auf der Oberfläche des Wassers durch den Stoſs mit einem Stabe erzeugt, an dessen Ende perpendiculär aufgesetzt sich ein kupferner Cylinder von etwa 9 Linien Durchmesser befand, welcher jedoch höchstens nur 4 bis 5 Linien eintauchte, um die Erschütterung der tiefern Theile der Flüssigkeit zu vermeiden. Durch die Stöſse entstanden groſse Undulationen auf der Oberfläche des Wassers, aber sie vermochten den schwimmenden Wachskugeln keine horizontale Bewegung mitzutheilen, vielmehr befanden sich dieselben nach hergestellter Ruhe noch sehr nahe an den nämlichen Stellen und in gleichem Abstande von dem Puncte, wo durch den Stoſs die Wellen erzeugt waren, als im Anfange der Bewegung; sie stiegen mit den Wellen in verticaler Richtung aufwärts und sanken wieder herab, ohne in horizontaler Richtung ihren Ort zu verändern. Denselben Versuch stellte Flaugergues an, indem er zerkleinertes Siegellack in das Wasser warf, wovon verschiedene kleine Brocken in demselben schwebend blieben, durch ihre hervorstechende Farbe leicht zu beobachten waren, und durch die Wellen auf gleiche Weise sich in verticaler Richtung bewegten, ohne in horizontaler ihren Ort zu verändern.

2) Flaugergues zog in geringer Höhe über der Wasserfläche im Gefäſse eine horizontale Linie, und stellte sich dieser so gegenüber, daſs sein Auge die Wellen gegen dieselbe projicirte. Waren dann auf die angegebene Weise Wellen erregt, so verfolgte er mit dem Auge mehrere derselben von dem Ursprunge bis an den Rand des Gefäſses, und beobachtete, daſs ihre Gipfel während der ganzen Bewegung gleichförmig und ohne Unterbrechung sich in der horizontalen Richtung erhielten und successiv alle Puncte derselben durchliefen, ohne jemals über dieselbe aufzusteigen oder unter sie hinabzusinken, wie hätte geschehn müssen, wenn die Wellen aus einer abwechselnd aufwärts und abwärts gehenden Bewegung der

Flüssigkeitstheilchen, der gewöhnlichen Ansicht gemäfs ständen[1].

Aus diesen Versuchen mufs man daher schliefsen eine Welle nicht durch eine solche Bewegung erzeugt vermöge welcher die Wassertheilchen in einer schlange gen Linie auf und ab steigend sich von dem Orte b wo der Stofs erfolgt ist, sondern dafs dieser Stofs du Niederdrücken des Wassers eine Anschwellung um sich erzeugt, die sich kreisförmig von diesem Puncte aus verbreitet. Weil aber das Wasser von allen Seiten he erzeugte Vertiefung herbeifliefst, so wird diese bald n vollständig ausgefüllt, es entsteht hierdurch eine Erhöhu dann abermals eine Erhebung oder eine neue Welle u entstehn macht, welche sich gleichfalls kreisförmig au Durch mehrmalige Wiederholung dieser Wirkung wird di Oberfläche von einer Zahl concentrischer kreisförmiger bedeckt, die sich wechselseitig erheben und herabsenk dadurch die Vorstellung einer undulatorischen Bewegung er wie man sie bisher gehabt hat. Sie findet aufserde scheinbare Bestätigung in den Wellen, die man auf schnell fliefsenden Flüssen wahrnimmt, welche in d eine fortschreitende Bewegung haben, indem sie abwe aufsteigen und herabsinken, allein diese werden durch habenheiten und Vertiefungen herbeigeführt, die sich a Boden der Flüsse finden.

Die Gebrüder Weber haben die auf diese Versu gründeten Schlüsse sachgemäfs gewürdigt, wie sich durch deren Mittheilung ergeben wird; zuvor aber m stattet seyn, noch Folgendes zu bemerken. Es gewi Anschein, als halte Flaugergues die Wellen blofs Erhabenheiten, die sich vom Puncte der Entstehung de len kreisförmig ausbreiten, allein in diesem Falle müf Höhe eben durch diese Ausbreitung, das heifst den Rad

---

1 Diese Ansicht kommt mit der durch Newton geäufsert ein, wenn man dieselbe streng nimmt, gilt jedoch nur von henden Wellen. Dafs übrigens die Gipfel der gewöhnlichen wellen in einer horizontalen Ebene liegen, stimmt mit der allg Erfahrung überein, die Gebrüder Weber aber machen dieses V sehr anschaulich durch die Vergleichung mit der, welche ma nimmt, wenn eine Walze unter einem Stücke Zeug hinrollt.

Linie proportional, abnehmen, was jedoch nicht der Fall ist, und wenn sich daher ihre Höhe bei ihrer Ausbreitung nicht ändert, so muſs dieses eine Folge von Oscillationen der Wasserlichen seyn, die sich in ihnen erheben und nachher wieder herabsinken. Diese Betrachtung führte Newton und dessen Anhänger auf die Hypothese der Oscillationen, die Versuche der Gebrüder Weber geben aber der Sache allerdings ein anderes Ansehn.

33) Auf diese Versuche gründet Flaugergues die Bestimmung der Gestalt der Wellen. Es sey ABC ein verticaler Fig. 113. Querschnitt durch die Welle, wobei BC bis zu ihrem höchsten Puncte reicht, EF sey eine in diesem Querschnitte willkührlich gewählte Säule, und in dieser ein Theilchen I; dann ziehe man ferner die horizontalen Linien FD; IK. Es liegt in der Natur der Sache, daſs der Druck der Säule BC sich auf jeden Molecül des Querschnittes ABC ganz mittheilt, woraus folgt, daſs, abgesehn von der Schwere, jedes Molecül, z. B. das durch I bezeichnete, durch eine der Säule BC proportionale Kraft in die Höhe gehoben wird; allein es ist auch einleuchtend, daſs das Gewicht des Theiles BK dieser Säule durch die entgegengesetzte Wirkung des Gewichts des Theiles DK = BK der Säule EF aufgehoben wird, und wenn das Theilchen I durch die Säule FI = DK in die Höhe steigt, so ist die Kraft, womit dieses geschieht, blos durch den Theil D der Säule BC gegeben. Allgemein ist also die Kraft, womit ein Molecül irgend einer Säule EF aufsteigt, dem Excesse des Theiles DC der Säule BC gleich, welcher sich von dem Niveau des höchsten Punctes F dieser Säule EF findet, mithin dem Abstande FG dieses höchsten Punctes von der horizontalen Linie CH proportional. Nimmt man hiernach als den Anfangspunct rechtwinkeliger Coordinaten für die Linie AC, und die gerade Linie AB als die Axe dieser Curve, so hat man ferner AE = x; EF = y; BC = a; die Zeit, während welcher der Druck der Säule BC auf die Säule EF gewirkt hat, um ihren Gipfel bis F aufsteigen zu machen, = t; die Geschwindigkeit, welche am Ende der Zeit t durch den Druck dieser Säule erzeugt ist, = v; die Fallgeschwindigkeit = g und endlich die Entfernung, bis wohin der Druck der Säule BC sich in der Zeiteinheit verbreiten kann, = h, so läſst sich eine Gleichung für die Curve finden. Vorausgesetzt, die

Säulen BC und EF seyen verschwindend dünn, so ist $g(a-y)$ für das Gewicht des Theiles CD der Säule B für die beschleunigende Kraft, welche auf den Punct Säule EF wirkt. Nach den Regeln für die beschleun Kräfte ist aber

$$g(a-y)\partial y = v\partial v$$

und für $y = 0$, wenn $v = 0$ wird, integrirt

$$g(ay - \tfrac{1}{2}yy) = \frac{v^2}{2},$$

also

$$\sqrt{g}\sqrt{(2ay-yy)} = v = \frac{\partial y}{\partial t}$$

und

$$\partial t = \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial y}{\sqrt{(2ay-yy)}} = \frac{1}{a\sqrt{g}}\cdot\frac{a\partial y}{\sqrt{(2ay-yy)}}$$

Endlich also

$$t = \frac{1}{a\sqrt{g}}\,(\text{Arc. Sin. vers.}\,y),$$

d. h. die Zeit t ist gleich der Grösse $\frac{1}{a\sqrt{g}}$ multiplicirt jenigen Bogen, dessen Sinus versus = y bei einem Kr Halbmesser a ist. Insofern aber die Flüssigkeit, auf die Wellen sich ausbreiten, als homogen angenomm mufs die Fortpflanzung des die Wellen erzeugenden auf eine gleichmäfsige Weise geschehn. Wenn nun während welcher der Druck der Säule BC auf den G Säule EF gewirkt hat, die nämliche ist, als während sich der Druck von E nach A fortpflanzt, so erhält der Proportion $b:1 = x:t$ die Gleichung $t = \frac{x}{b}$, u beide Werthe von t einander gleichgesetzt werden,

$$x = \frac{b}{a\sqrt{g}}\,(\text{Arc. Sin. vers.}\,y)$$

als Gleichung für die Curve AC. Dieses zeigt, dafs diejenigen Curven gehört, welche die Geometer eine *Be der Cykloide* nennen.

Inzwischen stellt die Curve, welcher diese Gleich gehört, nur den vorderen Durchschnitt der Welle dar,

ie durch den Druck der Säule BC in diesem Zustand erhalten wird. der hintere Theil der Welle hat dagegen eine andere Lage; denn da der Erfahrung nach die Wellen in horizontaler Ebene fortschreiten, ohne dafs sich die Wassertheilchen in dieser Richtung eigentlich bewegen, so müssen nothwendig die Spitzen der verschiedenen Säulen, welche sich in dem Querschnitt ABC befinden, um dieses Fortschreiten hervorzubringen, nach und nach die horizontale Linie CH erreichen, dann sich wieder senken, so dafs jede dieser Spitzen, indem sie für einen augenblick den Gipfel der Welle bildet, den Schein erzeuge, als bleibe sie stets in derselben Höhe und bewege sich wirklich von C nach H. Sofern also diese Wassersäulen in Folge ihres Gewichtes herabsinken und dieses sowohl gleichmäfsig als nach allmälig erfolgt, so müssen ihre Spitzen in einem vertikalen Durchschnitte durch den hintern Theil der Welle eine Kurve bilden. Wirklich schienen die Wellen diese Figur zu haben, nämlich dafs ihre Oberfläche an der vorderen Seite eine Linie, wie die oben beschriebene, an der hinteren eine Parabel bilde, wie sich ergab, als diese Figur in Papier ausgeschnitten und den Wellen angepafst wurde.

Die Zeit, welche eine Welle gebraucht, um durch ihre scheinbare Bewegung die Bahn CH, die ihrer Breite gleich ist, zu durchlaufen, ist derjenigen gleich, welche eine Säule in A am Ende der Welle gebraucht, um durch den Druck der ersten Säule BC und dann successiv aller folgenden, die zwischen C und A liegen, bis H aufzusteigen, weil eine jede dieser Säulen, eine nach der andern, für eine gegebene Zeit die höchste wird und den Gipfel der Welle bildet. Hieraus folgt, dafs die scheinbare Geschwindigkeit der Wellen stets die nämliche ist, wie auch ihre Höhe seyn mag; denn erstlich wird die Breite der Wellen blofs durch die Entfernung bedingt, bis zu welcher ein auf der Oberfläche des Wassers angebrachter Druck sich in einer gegebenen Zeit erstrecken kann, eine Entfernung, welche stets die nämliche bleibt, wie auch dieser Druck seyn mag, weil diese Fortpflanzung blofs von der Trägheit und der gegenseitigen Lage der Flüssigkeitstheilchen abhängt; und da zweitens die Spitze der Säule in A gegen die Linie CH, also bis zum Niveau der Säule BC, durch eine Kraft getrieben wird, welche ihrem Abstande von dieser Linie stets proportional ist, so wird diese Spitze stets die nämliche Zeit bedürfen, um dahin

zu gelangen, welche auch immer die Höhe von BC o ursprüngliche Abstand der Säulenspitze, welche in A g wird, von der Linie CH seyn mag. Nach der Gleich die Curve des vordern Wellendurchschnittes erhebt si Spitze einer Säule, welche durch eine andere Säule Höhe = a gedrückt wird, zur Höhe = y in einer Zeit,

$= \frac{1}{a\sqrt{g}}$ (Arc. sin. vers. y) ist, indem dieser Bogen

Kreise vom Halbmesser a zugehört und also die Gröfs

mit dem vierten Theile des Bogens dieses Kreises mul wird. Heifst also die Zeit t und bezeichnet π die Ludol Zahl, so hat man

$$t = \frac{1}{a\sqrt{g}} \cdot \frac{\pi a}{4} = \frac{\pi}{4\sqrt{g}}.$$

Heifst dann t' die Zeit, welche eine Säule gebrauch durch eine andere Säule von der Höhe = c gedrückt w zu dieser Höhe c zu gelangen, so hat man auf gleiche

$$t' = \frac{1}{c\sqrt{g}} \cdot \frac{\pi c}{4} = \frac{\pi}{4\sqrt{g}},$$

also t = t'. Sofern daher die Geschwindigkeit einer nichts anderes ist, als das Verhältnifs ihrer Breite zu d welche der Gipfel dieser Welle gebraucht, um diese Breit seine scheinbare Bewegung zu durchlaufen, oder zu d welche die letzte Säule gebraucht, um sich zum Niv ersten zu erheben, so folgt hieraus, dafs die Geschwi der Wellen von ihrer Höhe ganz unabhängig ist.

3) Um diese theoretisch gefundene Folgerung, dafs hen und niederen Wellen eine gleiche Geschwindigkeit dnrch Versuche zu bestätigen, bestimmte Flaugergues nem aufgestaueten Theile der Rhone, wo die Wass daher ruhig war, eine Länge von 30 Fufs, liefs an der oder dem andern Ende kleine Steine hineinwerfen, n Zeit, welche die so erregten grofsen und kleinen Wel durften, um diesen Raum zu durchlaufen, und fand, für alle gleich war, nämlich ungefähr 21 Secunden.

33) Wenn die Spitze einer Säule, z. B. der EF, die Wirkung der herabsinkenden Säule BC und der die genden herabsinkenden Säulen bis zur horizontalen Li oder zur Höhe = a gelangt, so hat diese Säule eine

...digkeit erhalten, die ihr durch die Wirkung dieser ...enden Säulen ertheilt ist. In Gemäfsheit dieser Ge...digkeit müfste jene gehobene Säule fortfahren sich zu ... Denn da in dem Verhältnifs, in welchem sie auf..., das Gewicht des über CH befindlichen Theiles kein ...gewicht in dem Drucke der angrenzenden Säulen findet, ... dieser Theil seine Geschwindigkeit zu vermindern, und ... Säule also durch eine dem Abstande ihrer Spitze von ... CH proportionale Kraft verzögert wird, so wie sie ... diesem Abstande proportionale Kraft beschleunigt ..., so müfste die beschleunigte Bewegung dieser Säule der ... genau gleich seyn, und ihre Spitze sich daher eben... über die Linie CH erheben, als sie sich im Anfange ... Bewegung unter derselben befand, d. h. sie müfste bis ... = 2a steigen. Hier angekommen müfste sie die ihr ... Säulen mit einer beschleunigenden Kraft = 2a ... und diese also zur Höhe = 4a gelangen, die Wellen... also in einer bedeutenden Progression wachsen. Dafs ... nicht statt findet (was übrigens theoretisch schwerlich ... seyn dürfte), davon findet Flaugergues die Ursa... vorzüglich im Widerstande der Luft, in der Reibung ...theilchen an einander und vorzüglich in der Ad..., welche die einzelnen Wasserpartikeln an einander bin... und bewirkt, dafs die Wassersäule nicht aufsteigen kann, ... Menge der ihr anhängenden, unter ihr befindlichen ...lichen nach sich zu ziehen, die sie daher verhindern, ...gen Höhe zu gelangen, die sie eigentlich erreichen ..., wenn sie sich frei bewegte. Die ersten beiden Gröfsen, ..., liefsen sich geometrisch bestimmen, weil die Gesetze, ... beruhen, bekannt sind, allein bei der dritten, die ... bei weitem die wirksamste ist, sind die Gesetze ganz ..., und wollte man Hypothesen hierüber aufstellen, so ... diese nur willkürlich seyn und leicht zu Irrthümern ... Es genügt daher nur zu bemerken, dafs die Höhe der ... zwar nicht in dem Verhältnifs wächst, welches theore... gefunden ist, dennoch aber gewahrt man eine bedeutende ... derselben, wenn man sie von ihrem Ursprunge an ..., die sich jedoch wegen des schnellen Vorüberganges ... nicht wohl bestimmen läfst.

14) Das Urtheil der Gebrüder Weber über diese Theorie

kommt im Wesentlichen auf Folgendes hinaus. Der ers
such ist in Beziehung auf das, was er beweisen soll,
genügend; denn man darf als ausgemacht ansehn, d
scheinbare horizontale Fortbewegung der Wassertheilch
existirt, sondern dafs sie, bald vorwärts bald rückwärts
wegend, ihren Ort in horizontaler Richtung nicht we
ändern. Ungeachtet sie selbst weit steilere Wellen er
als welche Flaugergues durch seine Methode hervorzu
vermochte, so waren sie doch immer bedeutend flach
da die horizontalen Bewegungen der Wassertheilchen si
zeit so viel kleiner zeigen, je weniger steil die Well
so konnten sie bei den durch Flaugergues erzeu
nicht wahrgenommen werden, wie denn auch Bremonti
horizontale Bewegung der Wassertheilchen in den Meer
in Abrede stellt. Durch den zweiten Versuch finden sie
ton's Theorie und die seiner Nachfolger vollkommen w
und zugleich bewiesen, dafs die Wellen ihrer Form n
der Oberfläche des Wassers stetig fortschreiten. In die
ziehung ist allerdings unleugbar richtig, dafs die Welle
aus perpendiculären Oscillationen bestehen, allein es
schon oben bemerkt, dafs ohne alle verticale Bewegu
Wassertheilchen die Wellen nothwendig auf der ihre Th
bildenden Oberfläche fortgleiten müfsten, ohne ihre Ges
die gegenseitige Lage ihrer Theilchen zu ändern, was u
len Voraussetzungen am wenigsten statthaft ist. Bek
haben aber die Gebrüder Weber eben dieses eigenth
Verhalten der Wassertheilchen durch ihre Versuche ge
mittelt. Der dritte Versuch konnte nach ihrer Ansich
zu dem Resultate führen, dafs die Geschwindigkeit aller
len gleich sey, denn es war zu schwer, unter den von
gergues gewählten Umständen genau zu beobachten;
schen geht schon daraus, dafs die Breite der Wellen beim
schreiten zunimmt, evident hervor, dafs die vorausge
sich schneller bewegen, als die nachfolgenden. Ebenso
die aus oberflächlicher Ansicht entnommene Vergröfserun
Wellen beim Fortschreiten hinlängliche Widerlegung dur
directen Messungen der Gebrüder Weber, abgesehn
dafs sie an sich unmöglich ist, weil sonst die Wellen
Aufhören fortschreiten müfsten, bis sie zu einer widerste
Fläche gelangten.

f) Gerstner's Theorie.

35) Gerstner's Theorie der Wasserwellen[1] ist zwar in Deutschland sehr allgemein, im Auslande aber fast gar nicht bekannt geworden; die Gebrüder Weber haben sie ganz aufgenommen, hier wird aber ein Auszug aus seiner Abhandlung genügen, der die Abkürzung der Deutlichkeit keinen Abbruch thut. Betrachtet man die Erzeugung der Wellen und nimmt man sie als schon vorhanden an, so ist in diesem Zustande der Druck, welchen jedes Wassertheilchen an der Oberfläche hat, = 0 und wächst mit der Tiefe, ist aber bei statt findender Bewegung nicht dieser allein proportional. Es sey demnach MN diejenige Linie, in welcher alle in ihr liegende Fig. 114. Wassertheilchen einen gleichen Druck erleiden. Im ruhigen Wasser ist diese eine gerade und horizontale, im bewegten eine Curve, für welche die Gleichung gesucht werden mufs. Befindet sich ein gegebenes Wassertheilchen zugleich in dieser Curve und daher der Druck der umgebenden Wasertheilchen auf das in dieser Bahn bewegte von allen Seiten gleich seyn soll, so kommt zuerst das Gewicht desselben in Betrachtung, welches ∂M heifsen möge. Zieht man durch den höchsten Punkt der Bahn die Horizontale AQ, durch M, wo sich das Theilchen befinden möge, die Lothrechte MP, so ist AM der bereits zurückgelegte Raum, welchem die Horizontale AP und die Senkrechte PM zugehören. Es sey dann

$$AM = s; \quad AP = x; \quad PM = y,$$
$$MN = \partial s; \quad PQ = \partial x; \quad ON = dy,$$

die Geschwindigkeit des Theilchens in seiner Bahn $= v$, die horizontale Geschwindigkeit desselben $= v\,\frac{\partial x}{\partial s}$, die lothrechte $= v\,\frac{\partial y}{\partial s}$. Ebenso zerfällt die Kraft der Schwere $= \partial M$ in $MD = \partial M\,\frac{\partial y}{\partial s}$, welche das Theilchen in der Richtung seiner Bahn beschleunigt, und in $ME = \partial M\,\frac{\partial x}{\partial s}$,

[1] Theorie der Wellen sammt einer daraus abgeleiteten Theorie der Wasserröhren, von Franz Gerstner, k. k. Prof. d. höheren Mathematik. Prag 1804. Abhandl. der kön. böhmischen Ges. der Wissensch. Prag für d. Jahr 1802. G. XXXII. 412.

welche auf die Richtung der Bahn senkrecht ist und da
Bewegung weder beschleunigt noch verzögert. Durch
stere Kraft $MD = \partial M \frac{\partial y}{\partial s}$ wird die Geschwindigkeit
Theilchens während der Zeit ∂t um ∂v vermehrt, un
dann die Fallgeschwindigkeit in einer Secunde $2g$
wird[1], so ist die in dt erhaltene Geschwindigkeit $=$
Setzt man die Kräfte den Wirkungen proportional, so

$$\partial M : 2g\partial t = \partial M \frac{\partial y}{\partial s} : v, \text{ alſo } \partial v = 2g\partial t \cdot$$

oder, wegen $\frac{\partial s}{\partial t} = v$,

$v\partial v = 2g\partial y$ und integrirt: $v^2 = 4gy + C$.
Zur Bestimmung der Constante werde die Geschwindig
Theilchens A durch c und die dieser zugehörige Fallh
durch h ausgedrückt, wodurch man erhält:

$$v^2 = c^2 + 4gy = c^2 \left(\frac{h+y}{h}\right) \ldots\ldots (A).$$

Die zweite Kraft ME, womit das Wassertheilcher
recht auf seine Bahn drückt, wird durch die Fliehkraft
dert, womit es in der Tangente MD seiner Bahn sich
wegen strebt oder der Trägheit gemäſs sich von sein
entfernen müſste. Es werde demnach der Krümmungshal
des Bogens MN durch r bezeichnet, so ist die Schwu
des Wassertheilchens $= \partial M \frac{v^2}{2gr}$, mithin der Dru
Wassertheilchens gegen seine Bahn $= \partial M \left(\frac{\partial x}{\partial s} - \frac{v^2}{2gr}\right.$
das Wassertheilchen dM ist die Linie MN die Grundlin
wenn daher sein Druck auf die Bahn mit $MN = \partial s$:
dividirt wird, so erhält man das Element der Wassersäule,
jeder Punct der Linie MN beschwert ist, $= \frac{\partial M}{v\partial t}\left(\frac{\partial x}{\partial s} -\right.$
Diese Wassersäule ist aber für alle Puncte der Linie
beständig und wenn daher der Krümmungshalbmesser f

---

1 Hier ist 2g in der älteren Bedeutung gebraucht, statt d
neuerdings diese Gröſse durch g bezeichnet.

Or λ durch k bezeichnet wird, so giebt dieses die Gleichung

$$\frac{\partial M}{v\partial t}\left(\frac{\partial x}{\partial s}-\frac{v^2}{2gr}\right)=\frac{\partial M}{c\partial t}\left(1-\frac{c^2}{2gk}\right), \text{ oder}$$

$$\frac{\partial x}{\partial s}-\frac{v^2}{2gr}=\frac{v}{c}\left(1-\frac{2h}{k}\right).$$

hier den bekannten Werth des Krümmungshalbmessers $=-\frac{\partial y}{\partial.\frac{\partial x}{\partial s}}$

gesetzt und alle Glieder mit ∂v dividirt, giebt

$$\partial v\frac{\partial x}{\partial s}+\frac{v^2\partial v}{2g\,\partial y}.d\frac{\partial x}{\partial s}=\frac{v\partial v}{c}\left(1-\frac{2h}{k}\right).$$

Es ist aber $v\partial v=2g\partial y=\frac{c^2\partial y}{2h}$. Werden diese Werthe in die Gleichung und $\frac{1}{2h}-\frac{1}{k}=\frac{1}{m}$ gesetzt, so wird

$$\partial v\frac{\partial x}{\partial s}+v.\partial\frac{\partial x}{\partial s}=c\partial y\left(\frac{1}{2h}-\frac{1}{k}\right)=\frac{c\,\partial y}{m}.$$

Das Integral dieser Gleichung ist

$$v\frac{\partial x}{\partial s}=\frac{cy}{m}+C,$$

und weil für den höchsten Punct A der Bahn $v=c$; $\partial x=\partial s$; $y=0$ ist, so ist die Constante $C=c$, und also die horizontale Geschwindigkeit des Wassertheilchens oder

$$v.\frac{\partial x}{\partial s}=c\ .\left(1+\frac{y}{m}\right)\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (B).$$

Diese Gleichung auf das Quadrat erhoben und $\partial s^2-\partial y^2$ statt ∂x^2 gesetzt giebt

$$v^2-\frac{v^2\partial y^2}{\partial s^2}=c^2+\frac{2c^2y}{m}+\frac{c^2y^2}{m^2}.$$

und da (nach A) $v^2=c^2+\frac{c^2y}{h}$ ist, so ergiebt sich nach den nöthigen Reductionen die senkrechte Geschwindigkeit des Wassertheilchens oder

$$v\frac{\partial y}{\partial s}=c\sqrt{\left(\frac{2y}{k}-\frac{y^2}{m^2}\right)}\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (C.)$$

Hieraus folgt 1) dafs die senkrechte Bewegung verschwindet für $y=0$ und für $y=\frac{2m^2}{k}$, und die Höhe der Welle ist $=BE=\frac{2m^2}{k}$. 2) Dafs die Geschwindigkeit am gröfsten Fig. 115.

ist für $y = \frac{m^2}{k} = \frac{1}{2}$ BE, oder in der Mitte der zwischen ihrem niedrigsten und höchsten Puncte. 3) D Geschwindigkeit der Welle mit der Tiefe y zunimmt, a Puncte A am kleinsten, im Puncte B am gröfsten, ode gleich c, in B gleich $c\left(1 + \frac{2m}{k}\right) = c\left(\frac{k+2h}{k-2h}\right)$. Zeit, in welcher das Theilchen von A nach M gelangt, sich am einfachsten aus der Gleichung (C), denn man aus ihr

$$\frac{\partial s}{v} = \frac{\partial y}{c\sqrt{\left(\frac{\partial y}{k} - \frac{y^2}{m^2}\right)}} = \partial t.$$

Um diese Gleichung zu integriren, setze man $1 - \frac{ky}{m^2} =$ dann ist $y = \frac{m^2}{k}(1 - \cos.\varphi)$, und $\partial y = \frac{m^2}{k}\partial\varphi$ also nach gehörigen Reductionen

$$\partial t = \frac{m\partial\varphi}{c}, \text{ folglich die Zeit } t = \frac{m}{c}\varphi \ldots . ($$

Zieht man um den Durchmesser EB, welcher die Hö Welle $= \frac{2m^2}{k}$ bezeichnet, den Kreis ERB, und durch Horizontale MS, welche diesen Kreis in R schneidet,

$$\cos. ECR = \frac{CS}{CR} = \frac{CE - SE}{CR} = \left(\frac{m^2}{k} - y\right) : \frac{m^2}{k} = 1 - \frac{ky}{m^2} =$$

folglich ist der Winkel $ECR = \varphi$, und die Zeiten, in das Theilchen von A nach M und B gelangt, verhalte wie die Bogen ER und ERB. Wird der obige Wer $y = \frac{m^2}{k}(1 - \cos.\varphi)$ in die Gleichungen B und C so erhält man für die horizontale Geschwindigkeit

$$\frac{v\partial x}{\partial s} = \frac{cm}{2h} - \frac{cm}{k}\cos.\varphi \ldots \ldots . (E)$$

und für die senkrechte

$$\frac{v\partial y}{\partial s} = \frac{cm}{k}\sin.\varphi \ldots \ldots . (F).$$

Die Gleichung für die Bahn AMB findet man auf f Weise. Die Gleichung (E) giebt

$$\partial x = \left(\frac{cm}{2h} - \frac{cm}{k}\cos.\varphi\right).\frac{\partial s}{v}.$$

Da aber $\frac{\partial s}{v} = \partial t = \frac{m}{c}\,\partial\varphi$ ist, so wird

$$\partial x = \frac{m^2}{2h}\,\partial\varphi - \frac{m^2}{k}\cos.\varphi\,\partial\varphi,$$

wo keine Constante hinzukommt, weil für den Punct A sowohl x als auch φ verschwindet,

$$x = \frac{m^2}{2h}\varphi - \frac{m^2}{k}\sin.\varphi.$$

Man hat also für die Curve AMB die zwei Gleichungen:

$$y = \frac{m^2}{k}(1 - \cos.\varphi) = \frac{m^2}{k}\left(1 - \cos.\frac{ct}{m}\right) \ldots\ldots (G)$$

$$x = \frac{m^2}{2h}\varphi - \frac{m^2}{k}\sin.\varphi = \frac{mct}{2h} - \frac{m^2}{k}\sin.\frac{ct}{m} \ldots\ldots (H),$$

woraus sich für jede beliebige Zeit t sowohl die Tiefe y, als auch der horizontale Weg x jedes Wassertheilchens berechnen lässt, wenn für den höchsten Punct seiner Bahn die Geschwindigkeit c und der Krümmungshalbmesser k gegeben sind.

20) Es folgt aus diesen Gleichungen, dafs die Curven der Wellen Cykloiden sind. Es sey der Halbmesser des auf der Linie ID fortgewälzten Kreises IO = a, die Entfernung CO des Stiftes, welcher die Curve beschreibt, vom Mittelpuncte = b. Ist der Kreis von I bis D gewälzt, so befindet sich der Punct I in i, der Stift A in M, und der Winkel IOi sey φ. Es ist dann SV = ID = iD = aφ; MV = b sin.φ; CV = b cos.φ, also PM = GC — CV, oder y = b — b cos.φ und AP = SV — MV, oder x = aφ — b sin.φ. Vergleicht man diese Gleichungen mit den oberen (G) und (H), so ist der Halbmesser des Kreises IO = a = $\frac{m^2}{2h}$, und die Entfernung der die Curve beschreibenden Stiftes vom Mittelpuncte oder CO = b = $\frac{m^2}{k}$. Aus der Gleichung a = $\frac{m^2}{2h}$ folgt $m = \sqrt{2ah} = c\sqrt{\frac{a}{2g}}$, und dieser Werth in die Gleichung (D) gesetzt giebt die Zeit $t = \varphi\sqrt{\frac{a}{2g}}$, und wenn dann

π das Verhältnifs des Kreises zum Durchmesser bez
so ist

die Zeit einer Welle $t = \pi \sqrt{\frac{a}{2g}}$.

Fig. 115. In dieser Zeit gelangt das Wasser vom Gipfel A einer bis zum Gipfel der nächst folgenden, und sie ist blo Durchmesser des Kreises $= 2a$ oder von der Breite der $= 2AE = 2a\pi$ ohne einen Einfluſs der Tiefe ab Hieraus folgt:

1) Wellen von einerlei Breite werden in gleichen beschrieben, ihre Höhe sey groſs oder klein.

2) Da $\sqrt{\frac{2a\pi}{g}}$ der Ausdruck der Zeit ist, in welch Körper von der Höhe $2a\pi$ herabfällt, so verhält sich d einer Welle zur Zeit, in welcher ein Körper durch die der Welle $(2a\pi)$ herabfällt, wie $\sqrt{\pi}$ zu 1.

3) Die Länge des einfachen Secundenpendels, welc einer mit dem Halbmesser a beschriebenen Cykloide sch ist $= 4a$, und daher ist die Länge eines mit der Welle zeitig schwingenden Pendels doppelt so groſs, als der Hal ser des die Wellencykloide beschreibenden Rades, oder Pendellänge $= 4a$ verhält sich zur Breite der Wellen = wie der Durchmesser eines Kreises 2 zu seiner halben pherie π. Nach Newton ist diese Pendellänge der W breite beinahe gleich (§. 27).

4) Wird die Breite der Welle $2a\pi$ mit der Zeit $\pi \sqrt{\frac{2}{}}$ welcher sie beschrieben wird, dividirt, so ergiebt sich die lere Geschwindigkeit des Wassers $= \sqrt{2ag}$, welche v h möge. Die Geschwindigkeiten der Wellen verhalten sic her, wie die Quadratwurzeln ihrer Breiten, was mit New Ansicht übereinstimmt (§. 27).

37) Um die Gleichungen für die Cykloide leicht übersehen, sucht Gerstner die Ausdrücke der Gröſs $\frac{m}{2h}$, $\frac{m}{k}$, $\frac{m}{c}$ in Functionen von a und b, und substituirt

in den Gleichungen D, E, F, G, H. Die Gleichungen $a = \frac{m^2}{2h}$ und $b = \frac{m^2}{k}$ geben

$$a - b = m^2 \left(\frac{1}{2h} - \frac{1}{k}\right) = m,$$

weil $\frac{1}{2h} - \frac{1}{k} = \frac{1}{m}$ gesetzt ist. Hieraus wird

$$\frac{m}{2h} = \frac{a}{m} = \frac{a}{a-b} \text{ und}$$
$$\frac{m}{k} = \frac{b}{m} = \frac{b}{a-b}.$$

Die Gleichungen $c = 2\sqrt{gh}$ und $m = \sqrt{2ah}$ geben

$$\frac{cm}{2h} = \sqrt{2ag} = v.$$

ihre Werthe substituirt wird

die Zeit $t = \frac{a\varphi}{v}$, oder der Winkel $\varphi = \frac{tv}{a}$ . . . . . (I)

die horizontale Geschwindigkeit $v\frac{\partial x}{\partial s} = v\left(1 - \frac{b}{a}\cos.\varphi\right)$. (K)

die senkrechte Geschwindigkeit $v\frac{\partial y}{\partial s} = v\frac{b}{a}\sin.\varphi$ . . . . . (L)

der horizontal durchlaufene Raum $x = a\varphi - b\sin.\varphi$ . . . (M)

der lothrecht durchlaufene Raum $y = b$ sin. vers. φ . . . . (N)

Der Mittelpunct des beschreibenden Rades O durchläuft wäh- Fig. 116.
rend der Zeit t den Raum $OC = ID = iD = a\varphi = tv$ . . . (O)

daher die Geschwindigkeit desselben $= \frac{a\varphi}{t} = v$ . . . (P).

Hiernach haben die in der Wellenbewegung befindlichen Wassertheilchen eine horizontale Bewegung $a\varphi = tv$, welche verschiedlich und allen Wassertheilchen gemein ist, und eine Kreisbewegung, wofür die Ausdrücke $b\sin.\varphi$ und b sin. vers. φ, oder aber $b\sin.\frac{tv}{a}$ und b sin. vers. $\frac{tv}{a}$ gelten. Jedes Wassertheilchen dreht sich im Kreise um einen Mittelpunct, welcher selbst horizontal mit der Geschwindigkeit v fortschreitet. Diese Bewegungen sind gleichförmig, und nur durch ihre Vereinigung erzeugen sie die an den Wellen sichtbaren Ungleichheiten.

38) Ein einfaches Pendel, dessen Länge sich zur do
Breite der Welle so verhält, wie der Durchmesser eines
ses zu seinem Umfange, schwingt in eben der Zeit, in
das Wasser seine ganzen Kreise zurücklegt, oder in
dasselbe vom Gipfel einer Welle zum Gipfel der andern
Die Durchmesser dieser Kreise sind an der Oberfläc
Wellenhöhe gleich, unterhalb nehmen sie im geometrische
hältnifs ab, wie aus dem Folgenden hervorgeht.

Fig. 117. Es seyen AMN, amn die Wege, welche zwei zu
bei einander fliefsende Theilchen unter der Oberfläch
Wassers durchlaufen, und BC, bc die Wege ihrer Mittel
Für das erste Wassertheilchen sey der höchste Punct
Bahn A, der Mittelpunct seiner Kreisbewegung lothrecht
ter B, für das zweite Wassertheilchen seyen beide in a
so dafs alle vier Puncte A, B, a, b sich in der gemein
lichen Senkrechten Gb befinden. Nach Verlauf der
mögen beide Mittelpuncte B und b nach C und c gek
seyn. Weil sich die Mittelpuncte mit gleicher Geschw
keit v bewegen, so ist $BC = bc = tv = a\varphi$, und die
UCc ist gleichfalls senkrecht. Macht man die
$UCM = Ucm = \varphi$, und die Halbmesser $CM = BA$, cm
so sind die Wassertheilchen A und a in der Zeit t n
und m gelangt. Da die Wassertheilchen nicht aus ihren
nen treten, so können die Wege AMN, amn als zwe
gedacht werden, zwischen denen das eingeschlossene
fortfliefst. Durch alle Querschnitte, die wir auf beide ei
unendlich nahe liegende Ufer senkrecht annehmen, müsse
her in gleicher Zeit gleiche Wassermengen fliefsen, und s
die Producte aus jedem Querschnitt (me) in die Geschwi
keit (v), womit das Wasser durch denselben fliefst, ein
gleich seyn, was zugleich aus der geringen Zusammendrüc
keit des Wassers folgt.

Um die Gröfse des Querschnittes me auszudrücken, se
mit den Mittelpuncten der Kreisbewegungen sich gleichm
bewegende Wassertheilchen der Oberfläche in U, fol
$GU = BC = bc$; die Tiefe UC sey u und $Cc = \partial u$
Halbmesser der Kreisbewegungen seyen $MC = z$, $mc = z -$
Man ziehe moi parallel zu cCU, so ist $Mo = mc - MC =$
und weil $Moi = MCU = \varphi$, so ist $Mi = -\partial z$ si
$oi = -\partial z \cos. \varphi$. Der Raum, welchen der Punct M i

...it ét zurücklegt, sey $MN = \partial s$, folglich $MO = \partial x$ und $...N = dy$, und man hat dann wegen der Aehnlichkeit der ...ecke Mir und MON

$$ir = Mi \frac{ON}{MO} = -\partial z \sin.\varphi \frac{\partial y}{\partial x}.$$

...ers folgt

$$...r = mo + oi - ir = \partial u - \partial z \cos.\varphi + \partial z \sin.\varphi \frac{\partial y}{\partial x}.$$

...ll aber zugleich das Dreieck emr dem Dreieck OMN ähn-...h ist, so erhält man $me = mr \frac{OM}{MN}$, und also den Quer-...nnt

$$me = (\partial u - \partial z \cos.\varphi) \frac{\partial x}{\partial s} + \partial z \sin.\varphi \frac{\partial y}{\partial s}.$$

...e Wassermenge, welche in jeder Secunde durch den Querschnitt ...fließt, ist $= me.v = (\partial u - \partial z \cos.\varphi) \frac{v \partial x}{\partial s} + dz \sin.\varphi \frac{v \partial y}{\partial s}$.

...war aber (nach K und L) $\frac{v \partial x}{\partial s} = v\left(1 - \frac{b}{a} \cos.\varphi\right)$ und $\frac{v}{\partial s} = v \frac{b}{a} \sin.\varphi$. Diese Werthe substituirt und statt des ...lbmessers der Kreisbewegung b die unbestimmte Benennung ...selben $= z$ genommen giebt die Wassermenge

$$me.v = v\left(\partial u - \partial z \cos.\varphi - \frac{z}{a} \cos.\varphi\, \partial u + \frac{z \partial z}{a}\right) \ldots (Q).$$

...ser Ausdruck muſs für alle Puncte der Bahn AMN derselbe ...n, er darf also vom Winkel φ nicht abhängen, und die mit ...φ multiplicirten Glieder müssen für sich verschwinden. ...er ist

$$a \partial z + z \partial u = 0 \text{ und } a \text{ Log. } z + u = \text{Const.}$$

...r die Oberfläche des Wassers sey der Halbmesser der Kreis-...egung oder die halbe Höhe der Welle $= b$, und da dann ...$u = 0$ die Gröſse $z = b$ wird, so ist

$$a \text{ Log. } b = \text{Const. und } \frac{z}{b} + \frac{u}{a} = 0.$$

...st dann die Grundzahl der natürlichen Logarithmen e, so ...man

$$z = b e^{-\frac{u}{a}} \ldots\ldots\ldots\ldots (R).$$

...den folglich die Tiefen in einer arithmetischen Reihe

0, u, 2u, 3u.... genommen, so gehören dazu die H
der Kreisbewegung b, $be^{-\frac{u}{a}}$, $be^{-\frac{2u}{a}}$, $be^{-\frac{3u}{a}}$
welche eine geometrische Reihe bilden. Wird en
Werth $du = -\frac{a\partial z}{z}$ in die Gleichung Q gesetzt,
sich das Element der Wassermenge, welche durch jed
schnitt me fliefst,

$$= v\left(\partial u + \frac{z\partial z}{a}\right) = -v\left(\frac{a^2 - z^2}{az}\right)\partial z \ldots .$$

39) Diesem gemäfs läfst sich die Wellenbewegu
Construction anschaulich machen. Für die Oberfl
Wassers ist $b = a$, in diesem Falle also die horizo
wegung der Kreisbewegung gleich, und die W
Fig. 118. ABCDEFGHIKLMA wird eine gemeine Cyklo
Mittelpunct der Kreisbewegung durchläuft die horizont
NO, und die Höhe der Welle ist $AP^2 = 2OG$
Unter der Oberfläche des Wassers sind die Tiefen de
puncte O^1, O^2, O^3.... in arithmetischer Progress
nommen, nämlich $OO^1 = \frac{1}{4}a$, $OO^2 = a$, $OO^3 =$
Die Halbmesser der Kreisbewegung, welche diese
zugehören, sind demnach $O^1G^1 = \frac{a}{\sqrt{e}} = 0,$

$O^2G^2 = \frac{a}{e} = 0{,}3679\,a$, $O^3G^3 = \frac{a}{e\sqrt{e}} = 0,$

$O^4G^4 = \frac{a}{ee} = 0{,}1353\ldots\ldots$ Die Kreise, welche
sen Halbmessern aus den Mittelpunoten O, O^1, O^2, O^3,
beschrieben sind, zeigen sowohl die eigentliche Gr
Kreisbewegungen, die auf jedem Puncte der Hori
NO, N^1O^1, N^2O^2, N^3O^3 .... vorgehen, als a
verhältnifsmäfsige Abnahme der Tiefe.

Gerstner theilt ferner die Peripherieen der Kreise i
Theile, und bestimmt für jeden zwölften Theil die
B, C, D, E.... B^1, C^1, D^1, E^1.... B^2, C^2, D^2,
die (§. 38) angegebene Weise. Diesemnach sind AB, BC,
A^1B^1, B^1C^1, C^1D^1,.... A^2B^2, B^2C^2, C^2D^2.
Räume, welche von den Puncten A, A^1, A^2.... in g
Zeiten zurückgelegt werden, und die Linien AA^1A^2
$BB^1B^2B^3$.... $CC^1C^2C^3$.... zeigen die Orte, in

...die Puncte der Senkrechten A A^1 A^2 A^3.... nach gleichen Zeiträumen befinden. Man ersieht hieraus, dafs die gröfste Verschiebung der Wassertheile an der Oberfläche statt findet und die Bewegung des Wassers in zunehmender Tiefe sich mehr der Gleichförmigkeit nähert, was mit der Erfahrung der Natur übereinstimmt[1]. Der Umstand, dafs die Wellen auf der Oberfläche selten eine gemeine, meistens eine gestreckte Cykloide bilden, erfordert keine Veränderung der Zeichnung, denn es kann für die Oberfläche des Wassers irgend eine der Linien $A^1B^1C^1D^1$ .... $A^2B^2C^2D^2$ u. s. w. genommen werden, und die Bewegung des Wassers unter dieser Oberfläche bleibt dann immer die dargestellte.

Wird u negativ genommen oder die Bewegung des Wassers oberhalb der gemeinen Cykloide untersucht, so ergiebt sich der Halbmesser der Kreisbewegung

$$z = a e^{\frac{u}{a}},$$

hier gröfser als a. Für diesen Fall wäre die Kreisbewegung gröfser, als die fortschreitende, und die Wellenlinie eine gestreckte Cykloide, wie die punctirte in der Figur für $u = \frac{1}{4} a$. Auch scheint es nicht unmöglich, dafs die Kraft, welche die Kreisbewegung des Wassers hervorbringt, sie auch gröfser machen könne, als die fortschreitende Bewegung desselben ist; auch kommt dieses vor, wenn das Wasser an den Wellen-

$$e^{\frac{n}{a}}$$

sich kräuselt. Allein wenn man in die bekannte Reihe auflöst, so erhält man

$$z = a + u + \frac{u^2}{2a} \ldots., \text{ folglich}$$

$$OG = z - u = a + \frac{u^2}{2a} \ldots.$$

...müfste OG gröfser als a seyn, und daher das Wasser seine Theile seiner Bahn sich unterhalb der Oberfläche, die Cykloide AGO beschreibt, bewegen. Allein dieses ...der Undurchdringlichkeit der Körper im Widerspruche. ...fel der Welle müfste umgekehrt eine negative Undurch...keit, oder eine Anziehung vorhanden seyn, um die

[1] Man weifs jetzt, dafs diese Angabe falsch ist. Vergl. Art. *Meer.* S. 1742.

Zerstreuung der Wassertheilchen zu hindern und si
cykloidischen Bahn gehörig umzubiegen, welches mit
sigkeit des Wassers und der gemeinen Erfahrung im
spruche steht. Kräuselnde Wellen befinden sich dem
ſser dem Beharrungszustande, welcher allein sich zur
nung eignet, und sie müssen daher von der Theori
schlossen werden.

40) Da die hier gegebene Theorie der Wellen
Gleichheit des hydrostatischen Druckes beruhet, so geh
hervor, dafs alle Bewegungen des Wassers, welch
hydrostatischen Druck nicht ändern, auch die Wellenb
nicht stören. Es können sich daher mehrere Wellen
schiedener Gröfse und nach verschiedenen Richtunge
einander durchkreuzen und jede einzeln ihre Bewegu
stört fortsetzen, woraus die mannigfaltigen, auf der O
des Wassers sich zeigenden Erhöhungen erklärbar wer

Es ist bei dieser Theorie vorausgesetzt worden, dafs d
in Wellenbewegung befindliche Wassermasse ruhe und
Gipfel der Wellen stets auf der nämlichen Stelle bleib
zwischen sieht man leicht, dafs die Gestalt der We
alles, was über die Kreisbewegung des Wassers ange
auch dann statt findet, wenn das gesammte Wasser noc
eine gemeinschaftliche Bewegung hat, denn dadurch
die fortschreitende Bewegung der Mittelpuncte der
wegung anders bestimmt; die Kreisbewegung selbst, di
der Halbmesser und die Umlaufszeit bleiben dieselben.
nommen also, das gesammte Wasser habe aufser der G
digkeit v noch die Geschwindigkeit $\pm w$, so ist die G
digkeit, womit die Wellengipfel auf der Oberfläche d
sers fortlaufen, $= \pm w$, unddie Geschwindigkeit de
puncte $= v \pm w$. Jedes Wassertheilchen beschreibt
der Zeit t den horizontalen Raum

$$x = (v \pm w)\, t - z \sin. \frac{tv}{a} = (1 \pm \frac{w}{v})\, a\varphi - z$$

wobei der senkrechte Raum $y = z$ sin. vers. φ und d
messer der Kreisbewegung $z = be^{-\frac{u}{a}}$ dieselben wi
und (R) bleiben. Sind w und v einander gleich und
gengesetzt, wie meistens auf stehenden Gewässern, so

$$x = -z \sin. \varphi, \quad y = z \sin. vers. \varphi,$$

und die ganze Bewegung eines Wassertheilchens ist

$$z\varphi = z \frac{tv}{a} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(T)}.$$

In diesem Falle beschreiben die Wassertheilchen nur Kreise, deren Mittelpuncte ruhen; sie haben keine horizontale fortschreitende Bewegung, sondern kommen in ihren kreisförmigen Bahnen immer wieder auf dieselbe Stelle zurück. Die Gipfel der Wellen aber laufen auf der Oberfläche des Wassers mit der Geschwindigkeit $w = v = \sqrt{2ag}$ fort, die Richtung dieser scheinbaren Bewegung ist die nämliche mit der Richtung des Wassers in den Gipfeln der Wellen, aber im Thale zwischen zwei Wellenbergen ist die Bewegung des Wassers der Bewegung der Wellen entgegengesetzt. Hieraus wird begreiflich, wie die Winde die Wellen vor sich her treiben, ohne dafs das Wasser seinen Ort merklich ändert. Ist demnach die Dauer einer Welle, d. h. die Zeit, in welcher ein schwimmender Körper vom Gipfel der einen Welle auf den der andern gelangt, durch Beobachtung bestimmt, so läfst sich hieraus die Breite der Wellen und der Raum, welchen ihre Gipfel in gegebener Zeit durchlaufen, finden. Es sey die Dauer einer Welle in Secunden $= \tau$, so ist (§. 36) $\tau = \pi \sqrt{\frac{2a}{g}}$, und wenn $g = 15{,}09$ Par. Fufs gesetzt wird:

die Breite der Wellen $B = 2a\pi = g \frac{\tau^2}{\pi} = 0{,}801\ \tau^2$,

die Geschwindigkeit der Wellen $w = v = \frac{2a\pi}{\tau} = 0{,}801\ \tau$.

Es ist also der Raum, welchen eine Welle in einer Stunde durchläuft, $= 2883{,}5\,\tau$ Toisen, und Wellen, deren Dauer z. B. 2 Secunden beträgt, verbreiten sich in 10 Stunden durch einen Grad oder 15 geogr. Meilen. Ist die beobachtete Geschwindigkeit hiervon verschieden, so zeigt der Unterschied die wirkliche Bewegung des Wassers.

Aus der vorgetragenen Theorie folgt, dafs die Breite nebst der Höhe der Wellen und die wirkliche Bewegung des Wassers drei von einander unabhängige Gröfsen sind, die durch die Beobachtung bestimmt werden müssen, aber die Dauer einer

Welle τ und ihre Breite B stehen in einem Verhältni
ches durch die Gleichung

$$B\pi = g\tau^2$$

gegeben ist. Heifst dann die absolute Geschwindi
Wassers A, so ist die Geschwindigkeit der Wellen

$$\pm w = A - g\frac{\tau}{\pi} = A - \sqrt{\frac{Bg}{\pi}}.$$

Hieraus läfst sich die Geschwindigkeit des Wassers
wenn die Geschwindigkeit und die Dauer oder die
Wellen gegeben sind.

41) Die Erhöhung der Mittelpuncte der Kreis
verdient noch eine besondere Betrachtung. Die Gl
M und N geben das Element der Fläche

Fig. 115. $PMNQ = y\,\partial x = b\,(1 - \cos.\varphi)\,(a - b\cos.$
Hieraus folgt die Fläche

$$APM = \int y\,\partial x = ab\varphi - b\,(a+b)\sin.\varphi + \frac{b^2}{2}(\varphi + \sin.$$

Wird $\varphi = 2\pi$ gesetzt, so ist die Fläche der
Cykloide

$$2AMBE = (2ab + b^2)\,\pi,$$

die doppelte Fläche

$$2ADBE = 2AE \,.\, EB = 2a\pi \,.\, 2b.$$

Demnach ist der Inhalt einer Welle

$$2\,(ADBE - AMBE) = (2a - b)\,b\pi$$

Bei ruhigem Wasser steht dieser Inhalt über der Linie 2D
durchaus gleich hoch, seine Höhe ist daher

$$\frac{(2a-b)\,b\pi}{2a\pi} = b - \frac{b^2}{2a}.$$

Wird diese Höhe mit der Höhe der Mittelpuncte d
$= b$ verglichen, so ergiebt sich, dafs die Höhe der M
um $\frac{b^2}{2a}$ gröfser ist, als die Oberfläche des ruhigen
Für die gemeine Cykloide ist $b = a$, folglich wird
höhung $= \frac{1}{2}a$ oder so grofs, als der vierte Theil der
Wellen. Für die Wellenlinien unter der Oberfläche d
gilt die nämliche Rechnung, wenn man statt b den Ha
oder $be^{-\frac{n}{a}}$ setzt. Hieraus folgt, dafs für die
wegung die sämmtlichen Wassertheile nicht nur die
wegung, sondern auch eine Erhöhung annehmen müs

Die Wassersäule, welche das Maſs des hydrostatischen [illegible] für jedes Wassertheilchen giebt, findet sich auf folgende [illegible]. Das Element der Wassermenge, welche in jeder Se- [illegible] durch den Querschnitt me flieſst, war (nach S) = Fig. 117 u. 118.
$\left(\ldots + \frac{z\partial z}{a}\right)$, und sonach ist die ganze Wassermenge, welche [illegible] Secunde durch den Querschnitt AA^n oder GG^n (wo- [illegible] n jede der in der Figur enthaltenen Zahlen gesetzt [illegible] kann) flieſst, $= v\left(u + \frac{z^2 - b^2}{2a}\right)$. Wird diese mit [illegible] Geschwindigkeit des Wassers $= v$ dividirt, so [illegible] man die Wassersäule, womit jeder Punct der Linie [illegible] D^n ... beschwert ist, $= u + \frac{z^2 - b^2}{2a}$. Im ruhigen [illegible] sind die Halbmesser der Kreisbewegungen b und $z = 0$, [illegible] der Druck der Wassersäule, übereinstimmend mit den [illegible] Gesetzen, $= u$ wird. Setzt man für eine beträcht- [illegible] Tiefe $z = 0$, so ist daselbst der Druck der Wassersäule [illegible] $- \frac{b^2}{2a}$, und da sich oben ergab, daſs die Mittelpuncte [illegible] auf der Oberfläche des Wassers gleichfalls um $\frac{b^2}{2a}$ [illegible], als das ruhige Wasser, so folgt hieraus, daſs die [illegible] den hydrostatischen Druck des Wassers in [illegible] nicht ändert.

[illegible] Gerstner setzt noch folgende Betrachtungen hinzu. [illegible] dieser Demonstration zugleich auf eine leichte Dar- [illegible] abgesehn war, so ist zuerst nur der einzelne Fall er- [illegible] wenn die fortschreitende Bewegung des Wassers so be- [illegible] ist, daſs die Gipfel der Wellen auf der Oberfläche des [illegible] nicht fortlaufen. Dieses kann aber nur auf einem tie- [illegible] statt finden, welches sich mit derselben Geschwin- [illegible] den Wellen entgegen bewegt, womit deren Gipfel auf [illegible] Wasser fortlaufen würden. Wird dagegen die [illegible] der Wellen von der des Wassers unabhängig und für [illegible] betrachtet, so muſs das Wasser ohne fortschreitende [illegible] angenommen und in der allgemeinen Theorie (§. 40) [illegible] $= 0$ gesetzt werden. Für diesen Fall ergab sich, daſs [illegible] Wassertheile nur Kreise, und zwar mit gleichförmiger Be- [illegible] beschreiben. Die Halbmesser dieser Kreise giebt die

Gleichung $z = b e^{-\frac{u}{a}}$, und die Winkelgeschwindigk
$\frac{v}{a} = \sqrt{\frac{2g}{a}} = \frac{\pi}{v}$. Aus der Gleichung $v - w = 0$ folg
gens von selbst, dafs die Geschwindigkeit der Wellen
genommenen Geschwindigkeit des Wassers v gleich se
dafs sonach die Sätze, welche oben von der Geschwi
des Wassers angeführt wurden, in diesem letztern F
Wellen allein zukommen. Dieses findet auf stehenden
statt, und auch bei fliefsenden kann angenommen werd
die ganze Wellenbewegung des stehenden Wassers mit
schwindigkeit des Stromes fortgetragen werde.

Fig. 119. Um dieses zu erläutern, seyen ABCDEF und HI
zwei Kreise, von den zwei auf der Oberfläche des
befindlichen Wassertheilchen A und H beschrieben. E
den diese Kreise, und ebenso die Zeiten, in denen di
sertheilchen sie durchlaufen, in beliebige, hier in acht
getheilt. Im ersten Zeittheilchen befinden sich die
theilchen A und H in der Wellenlinie PAH, welche
sen Augenblick die Oberfläche des Wassers vorstellt.
rend des ersten Zeittheilchens geht das Theilchen A
das Theilchen H nach I, und beide befinden sich in d
lenlinie SBI, welche die Oberfläche des Wassers
Augenblick der zweiten Zeitabtheilung vorstellt. Da
das Theilchen B nach C und befindet sich auf dem Gi
Welle, das Theilchen I aber nach K, und beide befin
in der Wellenlinie CKV. Weiter geht C nach D, K
auf den Gipfel der Welle nach L, und beide befinden
der Wellenlinie DLY, und so weiter für die übrigen
theilungen.

Was hier von der Oberfläche des Wassers gesagt
auf gleiche Weise auch unter dem Wasser vor. Wer
den Mittelpuncten X und Z die verticalen Linien Xxξ
herabgelassen und die den Tiefen Xx, Xξ zugehörige
messer (§. 39) ax, aξ genommen, so beschreiben a
Theilchen a, α um ihre Mittelpuncte x, ξ die gleich
Kreise abcde, $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$, und eben dieses erfolgt bei den
chen h, η...., wodurch also die Lage aller dieser T
bestimmt wird. Hieraus wird vorstellbar, wie die Gi

[illegible] P, S, C, L... auf der Oberfläche des Wassers eine [illegible] Bewegung zeigen, da sich doch die Theilchen nur [illegible] bewegen, die Richtung der Wellenbewegung ist die [illegible] als die, nach welcher sich jedes Wellentheilchen C [illegible] Gipfel der Welle bewegt, dagegen ist diejenige Rich- [illegible] F nach A, nach welcher sich das Wassertheilchen im [illegible] Puncte der Welle bewegt, jener gerade entgegenge- [illegible] Man sieht auch, daſs bei den Wellen überhaupt die [illegible] nicht zwischen einander laufen, sondern stets [illegible] Wassertheilchen umgeben sind, indem nur die [illegible] der Flächen AH; BI; CK... ah; bi; ck... sich [illegible] Kreisbewegungen gemäſs abändern. Es wird hiernach nicht [illegible] Zusammenstoſsen, sondern auch jede Reibung der [illegible] unter einander vermieden, und bei vollkommener [illegible] des Wassers würde daher die begonnene Wellenbe- [illegible] stets fortdauern, wenn sie wirklich ohne alle Hinder- [illegible] der Adhäsion, des Widerstandes u. s. w. statt fände. [illegible] vollkommenen Beharrungszustande der Wellen wird au- [illegible] eine unendliche Tiefe des Wassers erfordert, weil bei [illegible] endlichen die Bewegung = 0 wird; allein die Bewe- [illegible] mit der Tiefe so schnell ab, daſs sie bald für un- [illegible] gelten kann. Hieraus folgt aber zugleich, daſs in [illegible] Wasser keine hohen Wellen entstehn können. Wel- [illegible] übrigens sehr leicht, denn die irregulären Bewe- [illegible] der Wassertheilchen zerstören sich sofort, und nur die [illegible] bleiben.

[illegible] kann nicht verkennen, daſs diese Theorie mit Scharf- [illegible] und sehr lichtvoll dargestellt worden ist, auch [illegible] mit den Erfahrungen im vollkommenen Einklange [illegible] Dabei setzt Gerstner hinzu, noch niemand habe die [illegible] Bewegung der Wassertheilchen beobachtet, und es [illegible] auch bei den Meereswellen überhaupt nicht wohl mög- [illegible] Inzwischen ist auch diese Theorie nicht durchaus genü- [illegible] wie aus der gründlichen Kritik derselben durch die Ge- [illegible] Weber einleuchtend hervorgeht.

[illegible] Hiernach ist Gerstner's Theorie nur von einer be- [illegible] Art stehender Schwingungen gültig, was zum Theil [illegible] herrührt, daſs er nicht die Entstehung der Wellen un- [illegible], sondern sie als schon vorhanden annimmt. Auch [illegible] (§. 45) betrachtet den Fall, wo nicht an einem be-

sondern Orte, sondern auf der ganzen Oberfläche der Fl
keit Wellen entstehn, und findet, dafs dann die Bewegun
sentlich verschieden von der Wellenbewegung sey, di
von einem bestimmten Orte aus über die ganze Flüssigkei
breitet. Nach beiden Gelehrten soll in diesem Falle di
wegung im Innern der Flüssigkeit, wenn die Tiefen in
metischer Progression wachsen, in geometrischer abn
und dieses Gesetz soll nach Poisson auf gewöhnliche
nicht anwendbar seyn. Nach Weber's Untersuchungen
aber die Bewegungen in diesem besondern Falle stehende Sc
gungen, und in jedem, von regelmäfsigen Wänden
schlossenen Gefäfse gehen alle Wellenbewegungen zule
stehende Schwingungen über. Aus Gerstner's Theorie
dafs jede Wellenbewegung endlich der von ihm gefu
ähnlich werden müsse, und sofern sie sich daher auf di
henden Schwingungen bezieht, kann von keiner scheinbare
wegung der Wellen die Rede seyn, weswegen auch eine g
zeitig statt findende Bewegung der Wassertheilchen mit b
sichtigt wird. Die ganze Untersuchung führt dahin, d
der Wellenbewegung, wenn sie blofs durch den stat
Druck unterhalten wird, keine andere Bewegung der W
theilchen statt finden könne, als in Cykloiden, und daf
die Oberfläche der Wellen eine solche Cykloide sey, als
die Wassertheilchen sich bewegen. Hierdurch wird d
ausgeschlossen, dafs die cykloidische Bewegung sich der
förmigen nähert; die cykloidische Bewegung der Wasse
chen kann in den in der Rechnung begriffenen Fällen
gestreckt seyn, aber nie gedrückt, sie kann sich der ho
talen geraden Linie annähern, aber nie der kreisförmigen.
Voraussetzungen nach kann eine vorhandene Wellenbew
durch den blofsen statischen Druck nur *fortbestehn*, we
Wassertheilchen sich in Cykloiden bewegen, entweder in
nen, oder in gestreckten, oder in gedrückten; der letzte Fal
sich aber der Rechnung nicht unterwerfen. Daraus folgt abe
durch die blofse Wirkung des statischen Druckes die Erh
gen und Vertiefungen der Wellen nicht fortschreiten, die
len daher stehn bleiben. Anders würde es seyn, wen
dem Wasser eine vom statischen Drucke völlig unabhi
Bewegung zuschreibt, in welchem Falle dann, wie Ger
zeigt, die Wellenbewegung noch auf eine andere Weise

würde. Bei stehendem Wasser haben die Theilchen
fortdauernde horizontale Bewegung, aber nach Gerstner
Stehenbleiben der Wellen daraus hervorgehn, dafs die
Wassertheilchen sich vermöge des statischen Dru-
mit einer bestimmten Geschwindigkeit horizontal fortbewe-
und eine von diesem statischen Drucke ganz unabhängige
wieder rückwärts bewege. Der statische Druck könnte
die fortdauernde horizontale Bewegung der gesammten
nur dann hervorbringen, wenn der Boden des Ge-
Canales geneigt wäre, und nur bei sehr tiefem Was-
Oberfläche auch ohne Wellen geneigt seyn müfste.
ist bei keinem stehenden Wasser eine Kraft gege-
unabhängig vom statischen Drucke die ganze Was-
mit constanter Geschwindigkeit zurückschöbe, und
die ganze Berechnung auf stehendes Wasser keine

giebt an, dafs nach einem Urtheile von Moll-
und Möbius in der vorliegenden Theorie zwei Sätze
seyn, deren einer auf blofser Hypothese beruhe und
zu ihrer Unterstützung nicht dienen könne. Zuerst sage
der Druck senkrecht auf die Bahn eines Wassertheil-
an beiden Seiten gleich grofs seyn müsse, weil sonst
Theilchen nach oben oder nach unten ausweichen würde,
nichts einzuwenden ist. Der zweite Satz dagegen,
die Kräfte, die senkrecht auf verschiedene Puncte der
Bahn, gleich seyen, folge durchaus nicht aus den Ei-
der Flüssigkeiten und müsse vielmehr als blofs
gelten. Inzwischen finde ich nicht, dafs Gerstner
Satz zur Begründung seiner Hypothese aufgestellt habe;
aber (§. 35) sagt, dafs der Druck der umgebenden
Theilchen gegen das in der Cykloide bewegte von allen
gleich seyn müsse, so sehe ich dieses als eine Folge-
aus der Voraussetzung an, wonach sich das Theilchen in
angenommenen Curve bewegt, was nicht statt finden würde,
nicht der Druck der umgebenden Wassertheilchen das-
in jedem Puncte dieser Bahn erhielte. Uebrigens ist die-
Satz der nämliche, welchen auch die Gebrüder Weber
beleuchten. Denkt man nämlich die auf M und N senk- Fig.
auf die Bahn des Theilchens wirkenden Kräfte durch mM 120.
n'M; nN und n'N ausgedrückt, und alle diese Kräfte

unter einander gleich, so würde die Beschleunigung des chens M blofs von seinem Gewichte abhängen. War zwar $mM = m'M$ und $nN = n'N$, allein mM gröfser (wovon mit blofser Rücksicht auf die Eigenschaften eine kommenen Flüssigkeit die Möglichkeit nicht zu läugn so würde das Theilchen M in seiner Bahn nach N besch werden.

Nach Weber ist vermöge der Voraussetzung, d Wellenbewegung im ganzen Canale von unbegrenzter und Tiefe vorhanden sey, der auch von Poisson besond handelte Fall statt findender sogenannter stehender Schw gen der eigentliche Gegenstand der Untersuchungen ber's, womit das von Beiden aufgefundene Gesetz über der Tiefe abnehmende Bewegung sehr wohl harmoni zwischen scheint diese Untersuchung sich nicht auf a hende Schwingungen, sondern nur auf einen speciellen erstrecken. Bei der stehenden Schwingung setzt sich d sigkeit in ein gewisses Gleichgewicht, so dafs die Schw gen der einzelnen Flüssigkeitsabtheilungen sich nicht ge tig erzeugen, wie bei den fortschreitenden Wellen, s dafs jede Abtheilung von selbst diejenigen Schwingungen zu denen sie sonst von den angrenzenden Abtheilung zwungen werden würde. Diese vollkommen freie Schw findet aber nur dann statt, wenn die Geschwindigkei Theilchens in seiner Bahn blofs durch seine Schwere ver oder vermindert wird, wenn also die Seitendrucke nich von allen Seiten, sondern auch in allen Puncten der gleich sind, wie Gerstner annimmt. Dabei mufs al merkt werden, dafs zur stehenden Schwingung diese vo mene Gleichheit in allen Puncten der Bahn eines The nicht einmal erfordert wird, da es vielmehr schon hinreicht, die nämlichen Ungleichheiten nur periodisch wiederkehren diese Art der stehenden Schwingungen, welche allerdin gewöhnlichste ist, bezieht sich Gerstner's Theorie, die in Folge der gemachten Voraussetzung sehr speciell, abe darum zugleich interessant ist. Diese Voraussetzung drüc charakteristische Eigenschaft der denkbar vollkommenste henden Schwingungen aus, die nämlich, dafs zwische schwingenden Flüssigkeitstheilchen ein relatives (ein abs würde vollkommene Ruhe erzeugen) Gleichgewicht statt

nur das vollkommenste, welches neben ihrer Schwingung
lassen läfst. Diese Bedingung ist zwar nicht vollkom-
erreichbar, doch kann man sich ihr in gewissem Grade

Die Gebrüder Weber prüfen noch zwei specielle Lehr-
der genannten Theorie. Nach Gerstner nehmen die
messer der Bahnen der Wassertheilchen, die senkrecht
einander liegen, in einer geometrischen Reihe ab, wenn
Tiefen in einer arithmetischen Reihe wachsen. Die Ver-
ergeben einen Unterschied zwischen den Abnahmen der
alen und der horizontalen Durchmesser jener Bahnen, und
der Art, dafs die ersteren weit schneller abnahmen,
letzteren, indem noch in beträchtlicher Tiefe Bewegun-
, so weit die Beobachtung reicht, anscheinend blofs
zontaler Richtung statt fanden. In dieser Beziehung
Gerstner und Poisson nicht überein, indem jener
Meinung huldigt, wonach die Taucher in verhält-
ig geringer Tiefe keine Bewegungen wahrnehmen, dieser
dasjenige bestätigt, was Bremontier und Coudraye
haben, dafs die Wellenbewegungen sich bis zu sehr
Tiefen erstrecken. Die nach Weber's Versuchen in
licher Tiefe statt findenden horizontalen Bewegungen
nach Poisson gegenseitig auf, wenn die Wellen-
über die ganze Oberfläche regelmäfsig verbreitet ist,
Fall hat Gerstner betrachtet, weswegen nach
Theorie die Durchmesser der Bahnen der Wassertheil-
sämmtlich kreisförmig sind, mit der Tiefe schnell
. Nach Weber's Versuchen sind diese sämmtlichen
elliptisch, nähern sich aber oben der Kreisform. Be-
sich jedoch die Abnahme der Durchmesser dieser Bahnen
auf die senkrechten, so stimmt das aus der Erfahrung
ene Verhalten sehr genau mit dem durch Gerstner
falsch gefundenen überein.

(4) Die hier gerügten Mängel dieser Theorie, sofern sie
eine vollständige gelten soll, hat schon früher Brandes[1]

[1] Die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung flüssiger
, dargestellt von L. Euler. Uebers. mit einigen Anm. und Zu-
von H. W. Brandes. Leipz. 1806. S. 223. Vergl. G. XXXIV.

hervorgehoben. Dasjenige, sagt er, worüber diesel
Auskunft giebt, ist das Fortlaufen der Welle über d
fläche des Wassers und die Abhängigkeit der Well
gung von der Tiefe des Gewässers. Rücksichtlich de
ren Gegenstandes giebt die Theorie an, dafs die tiefer
den Cykloiden zwar immer flacher werden, aber erst
unendlichen Tiefe sich in gerade Horizontallinien ver
und daher könnten über einem horizontalen Boden n
len entstehn, deren Höhe gegen die Tiefe des Wass
endlich klein wäre. Man sieht daher zwar, dafs hohe
nur auf sehr tiefen Gewässern statt finden könnten, a
das Gesetz, wie Höhe der Wellen und Tiefe des Was
einander abhängen, fragt man die Theorie vergebens. Da
angegebene Gesetz findet in der Natur wahrscheinlic
statt, denn die Störung des Gleichgewichts, welche W
zeugt, ist ursprünglich meistens nur an der Oberfläch
sam, wogegen diese Theorie zu verlangen scheint,
nach einem bestimmten Gesetze auch in der Tiefe noc
Das Fortlaufen der Wellen streitet mit der Theorie nic
diese besteht allerdings auch dann, wenn die ganze
masse mit einerlei Geschwindigkeit horizontal fortgefüh
wodurch aber diese Bewegung hervorgebracht werde,
giebt die Theorie keine genügende Auskunft.

g) Poisson's Theorie.

45) Eine kurze Uebersicht des Calcüls zu geben,
dessen Poisson[1] zu den von ihm gefundenen Resultaten
ist, dürfte nicht wohl ausführbar seyn; den Gang d
aber deutlich zu machen dürfte mehr Raum erfordern, als hi
verwandt werden kann. Zudem sind die Thatsachen,
die Wellenbewegung beruht, durch die Gebrüder W
grofser Vollständigkeit aufgefunden worden; es kom
darauf an, diese auf die allgemeinen Bewegungsgesetz
die Gewalt der Analyse zurückzuführen. Es wird daher
gen, die von ihm erhaltenen Hauptresultate kurz anzuge

Poisson erwähnt die früheren Untersuchungen von

1 Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris. 1816. p. 71 bis 186. Note in Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 571.

. Laplace und Lagrange, und es scheint, als habe er
die Bewegung der Wassertheilchen beim Entstehen der
llen durch Eintauchen von Körpern in Wasser mit ruhiger
fläche beobachtet, um auf diese Beobachtungen die Gesetze
Wellenbewegung zurückzuführen. Die Aufgabe wird von
n grofser Allgemeinheit aufgefafst. Die Bewegungen der
sertheilchen, worauf die Wellenbewegung beruht, können
plötzlich aufhören, wenn sie gleich mit der Tiefe abneh-
; wollte man aber auch annehmen, dafs die Tiefe, bei
her sie unmerklich werden, sehr gering sey, so können
doch nicht, wie man voraussetzt, aus der Geschwindigkeit
r Oberfläche abgeleitet werden. Um einen Anhaltpunct
haben, mögen die Tiefe und die übrigen Dimensionen der
ssigkeit als unendlich oder mindestens so grofs angenommen
den, dafs sie auf die Bewegung der Wassertheilchen keinen
fs äufsern. Ferner wird vorausgesetzt, dafs die gesammte
ssermasse ursprünglich ruhe, dann irgend ein Körper in sie
racht und abgewartet werde, bis die Ruhe wieder herge-
worden ist, worauf sofort durch plötzliches Herausziehn
selben um diesen Punct Wellen entstehn, die sich nach allen
ten hin ausbreiten und deren Fortgang dann Gegenstand der
rachung wird. Wenn auf diese Weise die Tiefe der Flüs-
keit unberücksichtigt bleibt, so kommen bei der Aufgabe blofs
Dimensionen des eingetauchten Körpers und der von einem
chen Körper in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum
gegebene Gröfsen in Betrachtung. Ist dann ferner die Ge-
indigkeit der Wellen von den Dimensionen des sie er-
genden eingetauchten Körpers unabhängig, so mufs der von
n in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum demjenigen
ch seyn, welchen ein fallender Körper in derselben zurück-
multiplicirt mit einer von jeder Zeit und Richtung unab-
gen Gröfse, und ihre Bewegung wird also der eines fal-
n Körpers gleich seyn, dessen Beschleunigung ein Viel-
s oder ein Bruchtheil der durch die Schwere erzeugten ist.
n dagegen die Bewegung der Wellen eine gleichbleibende
so mufs sie von der ursprünglichen Erregung abhängen,
dafs der in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum die
lere Proportionale zwischen zwei Linien ist, deren eine
h den freien Fall eines schweren Körpers, die andere
Function der Dimensionen des eingetauchten Körpers gege-

ben ist. Es könnte auch die Wellenbewegung ei
schleunigte seyn und die Beschleunigung von den Di
nen des eingetauchten Körpers abhängen. Der Calc
entscheiden, welche von diesen Voraussetzungen die
ist; allein man ersieht schon im voraus, dafs die eine
andere sich mit den Resultaten der analytischen Mecha
vereinigen lassen.

So weit waren die Untersuchungen gediehn, als
die Lösung des interessanten Problems unternahm, die
wohl wegen ihrer Einfachheit als auch ihrer Schärfe bel
Am Ende des Jahres 1815 machte er seine erste u
nachher seine zweite Abhandlung bekannt, bearbeit
seitdem die Aufgabe weiter, besonders in Beziehung auf
ticale Bewegung der Wassertheilchen. Bekannt waren
gleich die Versuche, welche Biot anstellte, indem er v
den gestaltete Körper, auch Kegel oder Cylinder, ei
wobei er fand, dafs die Geschwindigkeit der Welle
von der Figur der eingetauchten Körper, noch von der
Einsenkens abhängig sey, wohl aber vom Halbmess
Durchschnittes im Spiegel des Wassers, was mit den
ten der Rechnungen Poisson's übereinstimmt, wona
Geschwindigkeit der Quadratwurzel dieses Halbmessers
tional ist. Die verticalen Bewegungen der Flüssigkeitst
wodurch die Erscheinung der auf der Oberfläche der
keiten hingleitenden Wellen erzeugt wird, nehmen a
ab, so wie man sich weiter vom Puncte der ursprü
Erschütterung entfernt, und zwar ist ihr Umfang den
wurzeln ihrer Abstände von diesem Puncte umgekehrt
tional, wenn das Wasser sich in einem Canale von gl
bender Breite befindet, diesen Abständen selbst aber u
proportional, wenn die Wasserfläche allseitig unbegr
und die Wellen sich um einen gemeinschaftlichen
punct ausbreiten. Die Räume, welche die Wassertheil
Innern der Flüssigkeit unter dem Puncte der ursprü
Erschütterung zur Erzeugung der Wellen durchlaufen,
schneller ab, und zwar im einfachen oder quadratisch
hältnifs des Abstandes, je nachdem das Wasser in ein
geschlossenen Canale enthalten ist oder nicht, wonach
Wellenbewegung sich viel weiter in horizontaler, als i
caler Richtung verbreitet. Poisson bemerkt, dafs die

welches aus seiner Analyse folge, mit dem beobachteten
der Wellenbewegung bis zu beträchtlicher Tiefe
im Widerspruch stehe, was sich übrigens leicht aus
grofsen horizontalen Entfernung ermessen läfst, bis
die Wellen fortgepflanzt werden. Der Wunsch, wel-
Poisson bei dieser Gelegenheit ausspricht, dafs diese Auf-
einmal auf dem Wege der Erfahrung aufgeklärt werden
inzwischen durch die schätzbaren Bemühungen der Ge-
Weber in Erfüllung gegangen.

Es ist sehr interessant, den Gang kennen zu lernen, wel-
Poisson verfolgt, um die verschiedenen Wellenbewegun-
einfachen mechanischen Principien abzuleiten, noch
aber ist es, diese Untersuchungen mit der Beur-
derselben von den Gebrüdern Weber und mit ihrer
der auf diese Weise theoretisch entwickelten Resultate
gnete Versuche zu vergleichen; allein dieses würde
viel Raum erfordern, und wir müssen daher auf die
Quellen verweisen. Plana[1] hat es der Mühe
gefunden, der Abhandlung des französischen Geometers
von Bemerkungen hinzuzufügen, die sich jedoch blofs auf
beziehn, hauptsächlich auf die gewählten Methoden
Da sich dieses aber zu weit von dem hier
Zwecke entfernt, so genügt eine blofse Anzeige
gleichfalls schätzbaren Abhandlung.

Russell[2] sah sich durch die vortrefflichen hydrody-
Vorrichtungen zu Turin in den Stand gesetzt, die
Poisson gefundenen theoretischen Resultate auf dem
der Erfahrung zu prüfen. Vorzugsweise war erforder-
die durch Poisson festgesetzten Bedingungen genau inne
halten. Diese sind zuerst, dafs ein Körper von gegebener
nur bis zu geringer Tiefe eingetaucht werde, damit die
vom Herausziehn erzeugten Wellenbewegungen sich nur
geringer Tiefe erstrecken, und zweitens, dafs das Was-
nach dem Eintauchen und vor dem schnellen Herausziehn
wieder zur Ruhe komme, damit nicht verschiedenartige Be-
gungen zusammenfallen, vielmehr die Wellenbewegung als

[1] Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino. T. XXV.
1820. p. 113.
[2] Ebendaselbst. p. 84.

durch die Schwere allein erzeugt zu betrachten sey. Es als liefsen sich diese Bedingungen leicht erfüllen, sofern Dimensionen des bis zu geringer Tiefe eingetauchten ohne Schwierigkeiten genau messen lassen und die R dem schnellen Herausziehn vollständig hergestellt werd Inzwischen stellt sich ein unvermeidliches Hindernifs e indem der schnell herausgezogene Körper eine Wa nach sich zieht, die sich über das Niveau zu einer Höhe erhebt, als geschehn würde, wenn eine bloſse V durch die Wirkung der Schwere ausgefüllt würde. D che hiervon soll theils in dem Einflusse des Luftdru gen, welcher durch das schnelle Aufheben des einge Körpers verändert wird, theils in der Adhäsion des an diesen Körper, wobei Bidone der ersteren (wohl recht) den gröfsten Einfluſs beimiſst. Um über die emporgehobene Wassersäule richtigere Bestimmungen z ten, wurde die Höhe derselben so annähernd genau, w geschehn konnte, gemessen, indem ein Gehülfe die Drehbank verfertigten und polirten Körper mit der vo quem ruhenden Hand so schnell wie möglich emporhob die Resultate der einzelnen Versuche hier mitzutheilen, genügen, zu bemerken, dafs, bekannten Erfahrungen gem trächtliche Wasserkegel und Säulen in die Höhe stiege Höhe dann am gröfsten war, wenn die auch noch s eingetauchten Körper eine ebene Bodenfläche und einen Flächendurchschnitt im Wasserspiegel hatten, ohne nac hin verjüngt zu seyn. Man ersieht hieraus, wie weit licher die Methoden der Wellenerregung waren, wel Gebrüder Weber bei ihren Versuchen wählten. Inz bemerkte Bidone bald, dafs durch das bloſse Herauszi eingetauchten Körpers Wellen erzeugt wurden, auf wel wieder herabfallende Wassermasse nur störend einwirk sich oft in einzelne Theile zerstreute, so dafs diese na ander in so viel längerer Zeit herabfielen, je höher di emporgehoben war. Ist die Figur des eingetauchten u wieder herausgezogenen Körpers eine regelmäſsige, als ner Kugel oder eines Paraboloids u. s. w., und geschi Herausziehn langsam ohne Absätze, so entstehn die erst in dem Augenblicke, wenn die Trennung des Körp Wasser erfolgt, wird er aber in stoſsweisen Absätzen

gen, so erzeugt jeder Zug Wellen, die störend auf einan- r einwirken. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich, wenn n einen Körper eintaucht. Wellen entstehn im Augenblicke Berührung der Wasserfläche durch den eingetauchten Kör- r; geschieht das Einsenken in langsam unterbrochenen Ab- n, so entstehn durch jede eingetauchte Zone Wellen, ge- ht es dagegen schneller, so gehören die entstandenen Wel- n der letzten eingetauchten Zone an. Inzwischen wurden die folgenden Versuche auf die Weise angestellt, welche Pois- voraussetzt, nämlich durch Eintauchen eines Körpers, Ab- e der wiederhergestellten Ruhe und dann schnelles Her- ziehen desselben; die Zeiten wurden mit einer genauen Ter- uhr gemessen, mittelst deren sich Drittel und Viertel einer unde bestimmen liefsen.

4) Zur Erforschung des Fortganges der Wellen auf der äche des Wassers diente ein ausgemauerter Canal mit ho- ntalem Boden und verticalen Seitenwandungen, beide eben ut; die überall gleiche Breite betrug 24 Par. Zoll. Die ung der Wellen geschah durch das Eintauchen und schnelle ausziehn von parallel mit ihrer Axe geschnittenen Segmen- l runder Cylinder, die aus polirtem Holze verfertigt und so ef eingetaucht wurden, dafs sie kaum über den Wasserspiegel vorragten. Die Mitte des Segments nach seiner Längenaxe fand sich hierbei ungefähr in derjenigen verticalen Ebene, welche den Canal halbirte; die übrigen Dimensionen, welche bei den einzelnen Versuchen verschieden waren, sind besonders angeben. Beobachtet wurde nur die erste und die zweite elle, für welche Poisson's Ausdruck gilt, nämlich für die

$$x = \frac{g t^2}{2} (0{,}3253), \text{ also } t = \sqrt{(0{,}2036).x},$$

für die zweite

$$x = \frac{g t^2}{2} (0{,}1183), \text{ also } t = \sqrt{(0{,}5599)\,x},$$

$g = 30{,}1958$ Fufs angenommen wird und x den Raum echnet, welchen die Welle auf der Oberfläche des Wassers, m Centrum des Eintauchens an gerechnet, in der Zeit t zu- legt. Da der Wassercanal stets derselbe war, so genügt es, die Tiefe des darin enthaltenen Wassers anzugeben. Um erung zu vermeiden, wurden nicht die erste und zweite

Welle bei der nämlichen Erregung derselben beobachtet dern in einer Reihe von Beobachtungen blofs die erste in einer nachfolgenden unter ganz gleichen Bedingun zweiten, wenn sie in der nämlichen Entfernung an men waren, wo man die ersten beobachtet hatte. Die den Tabellen enthalten die durch Versuche und durch nungen gefundenen Resultate.

1) Die Länge des eingetauchten Segments betrug seine Chorde 8 Zoll, die Tiefe des Eintauchens 7 Lini

Wassertiefe	Entfernung	Zeit der ersten Welle		Zeit der z Well	
		beobachtet	berechnet	beobacht.	be
24 Z. 5 Lin.	6 Fufs	1,06 Sec.	1,11 Sec.	1,73 Sec.	1,
24 Z. 5 Lin.	12 —	1,62 —	1,56 —	2,44 —	2,
24 Z. 5 Lin.	18 —	2,10 —	1,91 —	3,33 —	3,

In 18 Fufs Abstand vom Puncte des Eintauchens war d erzeugte Welle nur mit Mühe sichtbar.

2) Die Länge des eingetauchten Segments betrug seine Chorde 11 Z. 8 L., die Tiefe des Eintauchens 6

Wassertiefe	Entfernung	Zeit der ersten Welle		Zeit der zv Welle	
		beobacht.	berechnet	beobacht.	be
20 Z. 6 Lin.	12 Fufs	1,56 Sec.	1,56 Sec.	2,67 Sec.	2,
23 Z. 3 Lin.	18 —	2,00 —	1,91 —	3,17 —	3,
24 Z. 8 Lin.	24 —	2,37 —	2,21 —	3,75 —	3,

3) Die Länge des eingetauchten Segments war 2 seine Chorde 7 Z. 5 Lin., die Tiefe des Eintauchens 1

Wassertiefe	Entfernung	Zeit der ersten Welle		Zeit der zv Welle	
		beobacht.	berechnet	beobacht.	be
23 Zoll	6 Fufs	1,00 Sec.	1,11 Sec.	1,75 Sec.	1,8
23 —	12 —	1,75 —	1,56 —	2,50 —	2,5

Die Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten

so genau, wie sie unter den Umständen nur seyn konnte, besondere wenn man berücksichtigt, dafs die Genauigkeit der Bestimmung 0,25 Sec. kaum erreichte und der Wellenberg wohl, als auch das Wellenthal bei ihrer Ankunft so schwer hinlänglicher Schärfe wahrnehmbar waren. Die einzelnen gegebenen Gröfsen sind daher nicht aus einem einzigen Ver- sche entnommen, sondern geben das Mittel aus drei und mehr Beobachtungen.

48) Die Vorrichtung gestattete, die Bewegung der Wellen f der Oberfläche des Wassers auch dann zu beobachten, wenn Wasser selbst sich gleichförmig und zwar in entgegenge- ter Richtung bewegte. Die Bewegung der gesammten Was- sse im Canale betrug 12 Fufs in 39 Secunden, und die ssung blofs der zweiten Welle gab folgende Resultate. Die ge des eingetauchten Cylindersegments war 23 Z., dessen ite 11 Z. 8 Lin., die Tiefe des Eintauchens 6 Lin., die e des Wassers 23 Z. 6 Lin., der durchlaufene Raum 12 F. und dann betrug die gemessene Zeit 2,69 Sec., die be- mete aber, für die eigene Bewegung des Wassers corrigirt, Sec. Die Correction erhält man ganz einfach, wenn man e Formel statt 12 Fufs vielmehr 12,8277 Fufs setzt, da s Wasser sich während der Dauer des Wellenfortganges um 77 Fufs in entgegengesetzter Richtung bewegte.

War der eingetauchte Cylinder nicht gröfser, als der bei erzählten Versuchen in Anwendung gebrachte, so konn- die ersten und zweiten Wellen nicht wohl in gröfseren ungen, als den erwähnten, wahrgenommen werden, und über die Messungen bei noch gröfseren Abständen vorzu- en, wählte Bidone ein gröfseres Cylindersegment, womit gelang, die ersten und zweiten Wellen bis auf 30 und 2 Fufs Abstand vom Erregungsmittelpuncte noch zu chen; allein hierbei wurden die Unterschiede zwischen obachteten und den berechneten Werthen bedeutend grö- Die Dimensionen des Segmentes waren 23 Z. Länge, 16 Lin. Breite oder Chorde, Tiefe des Einsenkens 1 Z. Lin., und es wurden blofs die zweiten Wellen beobach- Die Vergleichung giebt aus wiederholten Versuchen im

Wassertiefe	Entfernung	Zeit der zweiten Welle beobachtet	berechnet	Unte
24 Z. 7 Lin.	30 Fufs	4,17 Sec.	4,10 Sec.	—
24 — 4 —	30 —	4,61 —	4,10 —	—
24 — 4 —	42 —	6,20 —	4,85 —	—
24 — 9 —	42 —	6,25 —	4,85 —	—
24 — 3 —	42 —	6,31 —	4,85 —	—

Da die Versuche mehrmals und an verschiedenen Tag derholt wurden, so ist die Abweichung bei der weiter fernung viel zu grofs, als dafs sie aus Beobachtungsfeh zuleiten wäre, es müssen daher Bedingungen obwalten, Calcül nicht berücksichtigt sind und vielleicht bei k Entfernungen nicht eben merklichen Einfluſs äufsern.

48) Bidone stellte auch eine Reihe von Versuchen auszumitteln, wie hoch sich die erzeugten Wellen na bestimmten Zeit und in einer gegebenen Entfernung vo telpuncte der Erzeugung erheben. Hierbei bediente er nes Segmentes von 23 Z. Länge, 11 Z. 8 Lin. Chord Lin. Einsenkung, und erhielt dann folgende Resultate i aus mehreren Versuchen:

Wassertiefe	Entfernung	Zeit	Höhe
24 Z. 6 Lin.	12 Fufs	4 Sec.	1,5 Lin.
24 Z. 5 Lin.	12 Fufs	6 Sec.	2 Lin.

Hiernach erhielten also die Wellen unter den angegeb dingungen in der genannten Zeit zum ersten Male die g Höhe. Eine Vergleichung dieser Resultate mit de Poisson's hält Bidone nicht wohl für möglich, da d gebenen Formeln sich hierzu nicht eben eignen.

Die beschriebenen Vorrichtungen waren nicht sel net, die Tiefe zu bestimmen, bis zu welcher die Wa chen in Bewegung gesetzt werden, denn namentlich Tiefe des Canales zu gering gegen seine übrigen D nen; inzwischen stellte er dennoch einige hierauf b Versuche an und überzeugte sich dadurch bald, dafs wegungen sich allerdings bis zu bedeutenden Tiefen e

49) Noch verdient das Resultat einer Versuchsreihe erwähnt zu werden, wozu sich die benutzte Vorrichtung ausnehmend eignete. Der beschriebene ausgemauerte Canal hatte am einen Ende ein gröfseres und tieferes Bassin B, welches mittelst ei- Fig.
ner Schleuse CD, die in Nuten sehr genau beweglich war, vom 121.
Canale abgeschlossen werden konnte. Wurde diese Schleuse bis
auf einen gewissen Abstand herabgelassen, so verbreiteten sich
die im Canale erzeugten Wellen auch bis in das Bassin und
die Oberfläche AE gerieth in sichtbare Bewegung durch die
einander folgenden und von den Wandungen zurückgeworfenen
Wellen. Auf gleiche Weise, wie im Canale, ging auch im
Bassin die erste und zweite Welle, durch das Herausziehen des
Segments erzeugt, mit ihrem Thale voran, ihr Erscheinen war
hier so deutlich, dafs sich die Zeit ihrer Ankunft im Puncte A
ganz bestimmen liefs. Bei den Versuchen war die Länge des
eingetauchten Segments 23 Z., die Breite oder Chorde 11 Z. 8
L. und die Tiefe des Eintauchens 6 Lin.; die Wassertiefe
betrug 21 Z. 8 Lin., der Abstand der Schleuse vom Mittel-
puncte der Eintauchung 3 Fufs, die Oeffnung unter D 1 Zoll,
der Abstand des Punctes A von der Schleuse 1 Fufs 6 Z., und dann
die Zeit der Ankunft der ersten Welle in A 2 Secunden. Wäre
die Schleuse nicht vorhanden gewesen, so mufste die Welle
den ganzen Raum von S bis A, welcher im Ganzen 4 Fufs 6
Zoll betrug, in 0,96 Sec. zurücklegen. Das hier mitgetheilte
Resultat kann als Ergänzung derjenigen dienen, welche die Ge-
brüder Weber durch ihre Versuche (§. 20) gefunden haben.

50) Bidone erwähnt noch seine Versuche über die Ver-
breitung der Wellen auf einer unbegrenzten Flüssigkeitsfläche.
Dabei beobachtete er blofs die zweite Welle, für deren Be-
wegung von Poisson die Formel

$$r = \frac{g t^2}{2} (0{,}1289)$$

aufgestellt worden ist. Wird hierin der Par. Fufs als Einheit
genommen, so erhält man

$$t = \sqrt{(0{,}5138)\, r},$$

wo r den Abstand bezeichnet, bis wohin die Welle vom
Anfangspuncte der Erregung an in der Zeit t gelangt. In zwei.
Versuchsreihen diente zum Eintauchen bei der ersten ein Ku-
gelsegment, dessen Schnittfläche 2 Zoll 1 Lin. im Durchmesser

und dessen Höhe 2,25 Lin. betrug, bei der zweiten
ches, wobei der Durchmesser der Schnittfläche 3 Z. 6
und die Höhe 9 Lin. ausmachte. Die erhaltenen Result
folgende:

Zeit der zweiten W

Vers.	Wassertiefe	Entfernung	beobacht.	berechnet	Un
1	16 Z. 8 Lin.	2 Fufs	1 Sec.	1,01 Sec.	+
2	24 Z. 3 Lin.	2 Fufs	1 Sec.	1,01 Sec.	+

Die Unterschiede sind so gering, dafs sie unzweifel
Beobachtungsfehler gelten können oder vielmehr in de
zen derselben verschwinden. Man übersieht aber bal
Bidone auch nicht durchaus verkennt, dafs die Frage
angegebene Weise nicht eigentlich beantwortet werden
denn da die Versuche anscheinend in dem beschriebene
angestellt wurden, sofern man dieses aus dem gänzliche
jeder weiteren Bestimmung hierüber schliefsen mufs, s
die Wasserfläche nicht für unbegrenzt gelten; sicher
wohl, dafs die Gröfse derselben für unendlich grofs
hältnifs zu der kurzen Strecke von 2 Fufs genommen
Es dürfte hiernach die eigentliche Frage durch diese
als gar nicht beantwortet erscheinen.

Die erzählten Versuche boten noch einige Ersch
dar, welche hier gleichfalls erwähnt zu werden v
Wenn die Wellen dadurch entstanden, dafs dreieckig
dratische oder länglich ellipsoidische Scheiben mit ihre
dem Wasserspiegel parallel entweder auf das Wasser
oder bis nahe zu ihrer Oberfläche eingetaucht und
Eintauchen in die Höhe gehoben wurden, jederzeit de
hergestellten ruhigen Stand der Flüssigkeit vorausge
hatten die hierdurch erzeugten, sich kräuselnd aus
Wellen in der Umgebung der Scheiben eine der Form
teren entsprechende Gestalt. Die hierbei angewandte,
Stiele befestigte, gleichseitig dreieckige Scheibe hatt
Lin., die vierkantige quadratische 9 Z. 6 Lin. Seite;
elliptischen aber betrug die grofse Axe 18 Z. 6 Lin.,
7 Zoll. Verfolgte das Auge die im geringen Abstande
Scheiben erzeugten Wellen, so zeigten sich die durch

gleichfalls dreieckig, jedoch in der
en der Scheibe die Seiten der Wel-
len; ebenso war die quadratische
Wellen umgeben, welche den Spiz-
die elliptische Scheibe aber erzeugte

hy's Theorie.

5 gab das französische Institut fol-
masse fluide pesante, primitive-
rofondeur indéfinie, a été mise en
e cause donnée. On demande, au
la forme de la surface extérieure
e chacune des molécules situées à

rin ist allerdings die Theorie der
enden und der fortschreitenden, ent-
eigentliche Frage zunächst auf die
die Geschwindigkeit der in dieser
bezieht, ist nicht gefordert, die
en Wassertheilchen, die in Bezie-
grofser Bedeutung ist, mit in den
zu ziehn. Den Preis erhielt eine
welche in Beziehung auf tiefe
höheren Calcül unter die vorzüg-
m Gebiete gehört. Hierin ist al-
ster Allgemeinheit behandelt, indem
Oberfläche, sondern der ganzen
gebene Zeit bestimmt wird. Zuerst
len Ursachen in Betrachtung, deren
lie eine, wenn ein Theil der Flüs-
rsache gehoben oder niedergedrückt
en wird, die andere, wenn durch
ssermasse an einer beliebigen Stelle
irkende Ursachen können auch ge-
Bewegung der Wassertheilchen wird
rnt man sich aber weiter von dem

divers savants à l'Acad. cet. Sciences
. 1 cet.

Puncte der Wellenerzeugung, so nimmt sie an Regelm
zu. Die Entfernung, bei welcher dieses eintritt, ist so
ringer, je weniger ausgedehnt der Theil der Oberfl
welcher den bewegenden Ursachen unterliegt. Hiernac
am geeignetsten, denjenigen Fall speciell herauszuhe
welchem die Wellenhöhen und die Anfangsgeschwin
der Wassertheilchen sehr klein sind.

Cauchy zerfällt seine gelehrte Abhandlung, welch
zahlreiche Noten hauptsächlich zur weiteren Erläuter
Calcüls hinzugefügt sind, in drei Abtheilungen. In d
zeigt er, wie bei der Kenntnifs der Gestalt der Oberfl
Wassers und der Kräfte, welche auf diese wirken, di
Gleichungen entwickelt werden, welche den anfängli
stand der Flüssigkeiten ausdrücken; in der zweiten gie
Gleichungen, welche für irgend eine Zeit der Beweg
Zustand der flüssigen Masse und ihrer Oberfläche beze
in der dritten endlich entwickelt er die allgemeinen
welche aus den in der zweiten gegebenen Formeln her
und bestimmt den numerischen Werth der Constanten,
in den Ausdrücken dieser Gesetze enthalten sind. Hi
indefs die Aufgabe in solcher Allgemeinheit aufgefafst,
Aufnahme der vielseitigsten Bedingungen zu sehr verw
Gleichungen führt, welche des Verständnisses wegen un
mitgetheilt werden müfsten. Da inzwischen die Versu
Gebrüder Weber eine genauere Kenntnifs der Wellen
haben, so kann eine solche Mittheilung dem bereits e
Erkannten wenig oder gar nichts neues hinzusetzen,
beiden ersten Abtheilungen fallen sonach von selbst we
dritte dagegen enthält einige numerische Bestimmungen,
sofern interessant sind, als sie sich mit denjenigen verg
lassen, die durch die Erfahrung gefunden wurden. S
sich unter andern die Folgerung heraus, dafs die Gesch
keit der Wassertheilchen für alle Puncte, welche gleich
stand vom Ursprunge der Welle haben, gleich ist
Verhältnifs der Quadrate des Abstandes abnimmt, so
in gröfseren Entfernungen verschwindet; dafs ihre R
endlich mit einer vom Anfangspuncte der Coordinaten
nen Linie einen Winkel bildet, welcher demjenigen gle
den diese mit der Verticale bildet; sie ist also vertical
Puncte der verticalen Axe y und horizontal in allen P

Anfangspuncte der Coordinaten ge-
5° mit dieser hat; endlich ist sie
end für alle Puncte in der Ober-

die Geschwindigkeit der Wellen
Gipfel sich bewegen, von der Ge-
nden Wassertheilchen in der Ober-
tere wächst beständig, die letztere
ingeschlossen. Die Bewegung des
hförmig, wie Lagrange gefunden
beschleunigt, und wächst wie die
Ursprunge. Im Allgemeinen gel-
Wellen folgende Gesetze:
t jeder Welle ist unabhängig von
gkeit, welche beim Ursprunge der
erabgedrückt wird, und von der
eser Quantität; sie ist nicht gleich-
roportional. Daher wachsen die
en Räume und die Abstände zweier
lie Quadrate der Zeiten.
e sich vom Puncte ihres Ursprun-
den Quadraten der Zeiten propor-
hen in einem gleichen Verhältnisse
le fortschreitende Welle dasjenige
an Höhe verliert, mithin die ihr
stant bleiben. Diesemnach folgt
einer nicht sehr langen Zeit sich
rd. Hieraus läfst sich schliefsen,
heit der Construction der verschie-
ten die begrenzende Curve einer
eit gezeichnet hat, es genügt, die
gegebenen Verhältnisse abnehmend
nämlichen zunehmend zu setzen,
Zeit die Gestalt der Welle dar-

le, so wie ihre Geschwindigkeit,
mung der Oberfläche, welche die-
, die im Anfange der Bewegung
wurde, wohl aber ist sie abhängig
masse und wächst diesem propor-

tional, so dafs für gleiche Volumina, wenn gleich von ve dener Form, doch die Höhen der Wellen die nämliche würden. Da dieses Gesetz vom Zeichen der hier betra Mengen ganz unabhängig ist, so folgt hieraus, dafs es für die Wellenthäler als auch die Wellenberge gilt, je dem die fragliche Wassermenge herabgedrückt oder em hoben war. Wenn endlich im ersten Augenblicke von zw ander nahe liegenden Wassermengen die eine gehoben, d dere niedergedrückt wurde, so genügt es, nur den Unte ihrer Volumina zu beachten, und die Bewegung würd unmerklich werden, wenn beide gleich waren.

4) Bei gleichen Abständen vom Centrum der Be nach beiden Seiten hin sind die Höhen und Geschwindi der Wellen einander gleich.

Bezeichnet man durch gt^2 den doppelten Raum, w ein frei fallender Körper in einer gegebenen Zeit t zurü so giebt $x : gt^2$ das Verhältnifs der Geschwindigkeit der len zu der eines frei fallenden Körpers[1]. Cauchy setz $\frac{x}{gt^2} = \frac{1}{k}$, und findet aus seinen Formeln $\frac{1}{k} = \frac{2}{(4n-3)\pi}$ π die bekannte Ludolph'sche Zahl und n die Zahl der ei folgenden Wellen bezeichnet, für die ersten 10 Welle gende Verhältnifszahlen ihrer Geschwindigkeit zu der ein fallenden Körpers:

1ste Welle	0,325	6te Welle	0,030
2te —	0,120	7- —	0,025
3- —	0,069	8- —	0,022
4- —	0,048	9- —	0,019
5- —	0,037	10- —	0,017.

In Beziehung auf verschiedene andere, in dieser tiefgel Abhandlung erörterte Bedingungen bei der Erzeugung un Fortgange der Wellen mufs ich auf diese selbst verweise

1 Hiermit verdient Poisson's Ausdruck §. 47 verglichen zu

Weltall.

Weltgebäude, Universum; *Mundus, Systema mundi s. cosmicum, Fabrica mundi;* Monde ou Univers; *the World, the Universe.*

Man nennt den Inbegriff aller Weltkörper, besonders der himmlischen im Grofsen, mit Einschlufs unserer Erde und alles unseres Sonnensystems[1], welches letztere nur einen kleinen Theil der Gestirnsysteme macht, aus welchen das *Weltall* zusammengesetzt ist. Man nimmt dabei mit hoher Wahrscheinlichkeit an, dafs jeder Fixstern ein unserer Sonne im Allgemeinen ähnlicher, selbstleuchtender Körper sey, um welchen sich ebenfalls mehrere dunkle Körper, Planeten, Kometen u. s. w., bewegen, die von ihrem Centralkörper, wie die Planeten von unserer Sonne, Licht und Wärme erhalten, so dafs also zu jedem Fixsterne ein eigenes Sonnensystem gehört. Es dringt sich demnach zuerst die Frage auf, wie grofs die Anzahl dieser Systeme sey.

A. Anzahl der Fixsterne.

Man hat über die Zahl der Fixsterne verschiedene Hypothesen aufgestellt, die aber alle ganz willkürlich und unsicher sind. Schon oben[2] wurde eine dieser Hypothesen angeführt, die sich auf die gleiche Gröfse und gleiche Vertheilung der Fixsterne im Weltraume gründet und worüber Kaestner[3] geometrische Untersuchungen angestellt hat. Eine andere Hypothese von Mascheroni d. ä. findet sich gleichfalls oben[4] weiter ausgeführt.

Der Winkel, unter welchem der Halbmesser a der Erdbahn von einem Gestirn gesehn wird, heifst die *jährliche Parallaxe* des Gestirns. Es ist bereits oben[5] gesagt worden, dafs man aber noch von keinem Fixstern die Parallaxe mit voller Si-

---

1 Vergl. Art. *Weltsystem.*
2 S. Art. *Fixsterne.* Bd. IV. S. 330.
3 Dissert. math. et phys. Altenb. 1757. N. IX.
4 S. Art. *Fixsterne* a. a. O.
5 Ebend. u. Art. *Parallaxe.* Bd. VIII. S. 292.

cherheit kennt, weil der Winkel zu klein ist, als dafs Instrumente ihn noch angeben könnten. Wenn diese P bei irgend einem Fixstern eine volle Raumsecunde bet würde daraus die Entfernung R dieses Fixsterns von d gleich

$$R = \frac{a}{\text{Sin. } 1''} = 206265\ a$$

betragen. Da aber der Halbmesser der Erdbahn a = 2 geogr. Meilen ist, so würde jene Entfernung des Fixste uns oder so würde R gleich 4262640 Millionen Meil wofür wir hier in runder Zahl 4 Billionen Meilen set diese Distanz, der Kürze wegen, eine *Sternweite* nennen Es ist nicht wahrscheinlich, dafs wir einen solchen von einer ganzen Secunde an irgend einem der bisher b teten Fixsterne nicht bemerkt haben sollten, wenn er in so grofs wäre. Es scheint daher, dafs diese Winkel sämmtlichen Fixsternen noch kleiner seyn müssen, Secunde, d. h. also, dafs die Distanz auch des nächst sterns von uns wenigstens 4 Billionen Meilen und wah lich noch viel gröfser ist. Da das Licht in einer 41900 Meilen zurücklegt, so hat man zur bequemen U des Folgenden die kleine Tabelle:

Jährliche Parallaxe des Fixsterns.	Entfernung von der Erde.	Zeit des Lichtes, Entfernung zu dur
4 Sec.	1 Billion Meilen	0,8 Jahre
3 —	1,5 — —	1,1 —
2 —	2 — —	1,5 —
1 —	4 — —	3 —
0,5 —	8,25 — —	6 —
0,1 —	41 — —	31 —
0,01 —	412 — —	310 —

Setzt man nun voraus, dafs im Mittel alle Stern weit, nämlich eine solche Sternweite (oder 4 Bill. von einander entfernt und dafs sie überdiefs alle n gleicher Gröfse sind, eine Voraussetzung, welche di lichste und einfachste ist, die man annehmen kann, so offenbar die Sterne der zweiten, dritten, vierten... Grö 2, 3, 4.. Sternweiten, oder sie werden 2, 3, 4.. ma

die Sterne der ersten Gröfse von uns entfernt seyn. Man
also auch auf demselben Raume des Himmels, auf wel-
man im Durchschnitte nur einen Stern der ersten Gröfse
nur einen der uns zunächststehenden Sterne) sieht, von
, die zweimal weiter entfernt sind, 2^3 oder 8, und
von den Sternen der dritten Gröfse oder von den drei-
weiter entfernten 3^3 oder 27, von denen der vierten Grö-
4^3 oder 64 u. s. w. sehen können. Da nun bei dem
rohre, welches Herschel zu diesem Zwecke vorzüglich
wendet hat, erst auf 70000 Gesichtsfelder desselben ein
der ersten Gröfse kommt, so folgt daraus, wenn er mit
Fernrohre in jeder Gegend des Himmels, nach welcher
richtet, auch nur immer einen einzigen Stern in sei-
Felde sieht, dafs jeder dieser Sterne im Mittel schon 41
weiten (oder 164 Bill. Meilen) von uns entfernt seyn
, weil nämlich der Würfel von 41 nahe 70000 ist. Al-
er sah mit diesem Fernrohre, wohin er es auch am Himmel
en mochte, nicht nur einen, sondern Hunderte, ja oft
Tausende auf einmal in seinem Felde, so dafs also diese
noch unendlich weiter als 41 Sternweiten von uns ent-
fernt müssen.

Denken wir uns einen Kegel, dessen Scheitel im Auge
Beobachters oder, was hier dasselbe ist, im Mittelpuncte
Sonne ruht, und dessen Winkel am Scheitel volle neunzig
beträgt. Dieser Kegel umfafst daher den vierten Theil
Himmels und seine Axe bildet mit den Seitenlinien desse-
einen Winkel von 45 Graden. Wird nun dieser Kegel
mehrere senkrecht auf seiner Axe stehende Ebenen ge-
, von denen die erste von dem Scheitel um eine, die
um zwei, die dritte um drei Sternweiten u. s. w. ent-
, so wird die erste Ebene die Oberfläche des Kegels
einen Kreise schneiden, dessen Halbmesser gleich einer
weite ist und in dessen Peripherie man daher 6 Sterne
nen kann, die alle unter sich um eine Sternweite entfernt
. Dieses giebt daher 6 und mit dem Sterne in dem Mit-
punkte des Kreises 7 Sterne in der ersten Ebene. Die zweite
schneidet denselben Kegel in einem andern Kreise, des-
Halbmesser zwei Sternweiten beträgt und in dessen Pe-
rie sich daher 12 gleich weit von einander abstehende
annehmen lassen. Allein um den Mittelpunct dieses Kreises

läfst sich auch noch ein anderer mit jenem concentrisch ziehen, der genau so grofs ist, wie jener der ersten Ebe der daher ebenfalls wieder 6 Sterne in seine Peripherie men kann. Dieses giebt zusammen 12 und 6 oder sam Sterne im Mittelpuncte dieser beiden Kreise 19 Fixs der zweiten Ebene. In der dritten Ebene wird man ebe concentrische Kreise ziehen, deren Halbmesser 1, 2, weiten betragen und von welchen der erste 6, der zw der dritte 18 Sterne enthält, so dafs also diese dritte allem 37 Sterne aufnehmen kann. Ebenso wird di Ebene 61, die fünfte 91, die sechste 127 Sterne u. s. w.

Läfst man daher die Sonne im Scheitel dieses Keg für einen Stern gelten, so erhält man, wenn man dies addirt, in dem ganzen Kegelraume von dem Scheitel

bis zum ersten Schnitte 8 Sterne
— zweiten — 27 —
— dritten — 64 —
— vierten — 125 — u. s. w.

und da diese Zahlen die Würfel der natürlichen Zahle 4, 5.. sind, so folgt, dafs man überhaupt in dem Ke von dem Scheitel bis zum n^{ten} Schnitte n^3 Sterne erhä man den Scheitel selbst für die erste schneidende Ebene Legt man in die Axe dieses Kegels ein Fernrohr, so w damit ebenfalls einen kreisförmigen Raum des Himme sehen, und wenn man dann von allen Puncten der P dieses Kreises gerade Linien nach dem Auge des Be zieht, so wird man einen andern, obgleich viel kleinere erhalten, der mit jenem grofsen einerlei Scheitel und Axe hat. Der Halbmesser dieses kreisförmigen Feldes de rohres, d. h. der Halbmesser der Basis dieses kleinen betrug bei dem von Herschel gewöhnlich gebrauchte rohr 0° 13′ 5″,7 und von diesem Winkel ist das Quad ner Tangente gleich 0,00001451. Der Halbmesser de jenes grofsen Kegels aber beträgt 45 Grade, und von Winkel ist die Tangente bekanntlich gleich der Einheit. beide Kegel dieselbe Höhe haben, so verhalten sich ihre wie die Quadrate der Halbmesser ihrer Grundflächen, d. die Zahlen 1 und 0,00001451 oder auch wie die Zahlen zu 1. Allein dieselben Kegelräume verhalten sich a

) Anzahl der in ihnen enthaltenen, von einander gleichweit
ntfernten Sterne. In dem grofsen Kegel giebt es aber, wie
) gesehen haben, n^3 Sterne, wenn man ihn bis zum nten
Orte fortsetzt. Nimmt man daher an, dafs man durch das
) neue Fernrohrs auf einmal a Sterne am Himmel sehen
n, so erhält man die Proportion

$$n^3 : a = 1 : 0{,}00001451$$

) daraus folgt, dafs die gesuchte Gröfse

$$n = \sqrt[3]{68918\,a}$$

Es kommt also nur noch darauf an, zu bestimmen, wie
) Sterne man auf einmal durch dieses Fernrohr an jedem Orte
) Himmels sehen kann. Gesetzt man sieht 10 solche Sterne,
ist a = 10 und daher n = 88, das heifst, wenn man durch
) Fernrohr im Durchschnitte an jedem Puncte des Himmels
) Sterne auf einmal erblickt, so sind die weitesten derselben
Sternweiten oder 352 Billionen Meilen von uns entfernt,
jener grofse, den vierten Theil des Himmels umfassende
) enthält 88^3 oder 681472 Sterne, von welchen die wei-
n 88 Sternweiten von uns entfernt sind. Der ganze Him-
) enthielt daher viermal so viel oder im Mittel 2726000
Sterne. Allein Herschel zählte nicht zehn, sondern meh-
) Hundert, und oft selbst mehr als tausend Sterne, die er auf
em Felde seines Teleskops erblickte, woraus folgt, dafs
weitesten derselben

$$n = \sqrt[3]{68918000} = 410$$

Sternweiten von uns entfernt sind und dafs der ganze Himmel
) 410^3 oder über 275 Millionen solcher Sterne enthält.

Die vorhergehende Annahme, dafs man mit einem guten
Fernrohre, dessen Gesichtsfeld 26 Minuten im Durchmesser hat,
alle Sterne auf einmal übersieht, wird weniger befremden,
) man weifs, dafs sie an manchen Gegenden des Himmels
) viel dichter stehn, so dafs an ein Zählen derselben gar
) mehr gedacht werden kann. Herschel erzählt, dafs er
n Gegend der Keule Orions, in einem Streifen von 30
Durchgraden, mehr als 50000 Sterne, die er alle noch deut-
erkennen konnte, durch das Feld seines Teleskops gehen
) Schon Huygens sah mit seinem noch unvollkommenen
Fernrohre, dessen Feld sehr klein war, in dem Schwerte Orions

über 2000 Sterne auf einmal, und Herschel sah mit zwanzigfüfsigen Reflector während 41 Zeitminuten nac Schätzung nicht weniger als 258000 Sterne durch s gehn. Nimmt man an, was wahrscheinlich noch viel nig ist, dafs jede Quadratminute des Himmels auch n einzigen Stern enthält, so würde die Anzahl aller St Himmels 41252 mal 3600 oder über 148 Millionen und diese Zahl steigt auf 534600 Millionen, wenn man Quadratsecunde einen Stern rechnet. Und immer noch wir hier von solchen Fixsternen, die wir mit unsern ren noch sehn können. Wie viele mögen aber in Entfernungen von uns stehen, die unseren, auch mit de Teleskope bewaffneten Augen ganz unsichtbar bleiben Wo ist überhaupt diese letzte Entfernung, wo ist die ei Grenze der Sternenwelt? Die vorhergehenden Betra führen uns gleichsam von selbst auf die Nichtexiste solchen Grenze, auf eine im eigentlichen Sinne des Au zahllose, unendliche Anzahl der Fixsterne. Wenn wi Blick zu diesem unübersehbaren Heer von Welten erh nach allen Seiten nach den äufsersten derselben v suchen, so fühlen wir uns gleichsam gezwungen, de Weltenraum nach allen Richtungen hin als völlig g und alle Orte desselben ohne Ende als von immer neu ten besetzt anzunehmen. Zwar ist es uns in unserer Bes heit unmöglich, uns einen nach allen Seiten grenzenlos vorzustellen; aber ist es uns nicht ebenso unmöglic Grund aufzufinden, warum die Natur und die Wirku schaffenden Kraft irgendwo aufgehört und sich, de sowohl als der Zeit nach, selbst eine Grenze gegeben der Urheber aller Dinge, nachdem er Myriaden von W ihr Daseyn gerufen, nun plötzlich in den Aeufserung Allmacht eingehalten und sich selbst ein, wenn auch entferntes, doch immer noch endliches, Ziel seiner W keit gesetzt haben sollte? Wenn wir uns überhaupt u gen dürfen, unsere Gedanken bis zu dem Schöpfer d versums zu erheben, so müssen wir ihn und seine W sphäre in doppelter Beziehung als unendlich annehmen *Ewigkeit der Zeit*, in welcher er gewirkt hat und imm ken wird, ist noch nicht hinreichend, alle die Zeugn höchsten Wesens zu fassen, wenn sie nicht zugleich

ch allen Seiten sich erstreckenden *Unendlichkeit des Rau-*
m in Verbindung gebracht wird.

Allein bei dieser, der Würde des Schöpfers allein ange-
messen, Annahme begegnen wir einem andern Hindernisse,
), auf den ersten Blick wenigstens, mit jener Annahme un-
vereinbar scheint. Wenn nämlich die Anzahl der Fixsterne in
s That unendlich ist, so müfste jeder unserer Gesichtsstrahlen,
hin man auch das Auge gegen den Himmel wenden möchte,
einen dieser Sterne treffen und der ganze Himmel müfste
daher in allen seinen kleinsten Puncten mit Sternen bedeckt,
) auch überall so hell, wie unsere Sonne erscheinen, ja diese
lbe selbst würden wir auf dem so hellen Hintergrunde des
mels nur an ihren dunklen Flecken erkennen; auch wür-
s uns die Planeten nur als dunkle Scheiben auf diesem lich-
Himmelsgewölbe erscheinen, und von den Sternen selbst
den wir endlich nichts als ein nach allen Seiten gleich-
g vertheiltes, blendendes Licht erblicken. Da dieses alles
n die Erfahrung streitet, so müssen wir diesen Widerspruch,
n wir die Unendlichkeit des mit Welten besäeten Raumes
i immer beibehalten wollen, auf irgend eine befriedigende
t zu lösen suchen.

Diese hat Olbers[1] auf eine sehr glückliche Weise ge-
n, indem er von der Voraussetzung ausging, dafs der Wel-
raum nicht ganz undurchsichtig ist, eine Annahme, die erst
unseren Zeiten einen noch höheren Grad der Wahrschein-
keit erreicht hat, da der sogenannte Encke'sche Komet das
yn eines durch den Weltraum zerstreuten, sehr feinen
ers beinahe unabweisbar gemacht hat, wenn wir uns anders
der regelmäfsigen Verkürzung seiner Umlaufszeit Rechenschaft
n wollen. Sollte aber der Weltraum mit einer solchen Materie
den seinen Puncten erfüllt seyn, so ist wohl die unmittel-
Folge davon, dafs das Licht der Sterne auf seiner Bahn durch
n Raum eine Schwächung erleiden müsse. Es geht aber aus
Natur der im Lichtäther fortschreitenden Lichtwellen hervor,
nach diese, wie alle andern Wellen, mit der Entfernung
ihrem Ursprunge an Intensität abnehmen und endlich ganz
ren müssen[2]. Nehmen wir mit Olbers an, dafs von 800

[1] Berliner Jahrbuch für d. Jahr 1826.
[2] Vergl. Art. *Wellen*.

Lichtstrahlen, die der nächste Stern zu uns sendet, d
Widerstand jenes Aethers auch nur ein einziger verlo
und sehen wir, welche Folge diese Annahme habe
Denken wir uns dieses Sternenlicht als in einem Strah
der eingeschlossen, so wird die gesehene Helligkeit
nes der Dichte der Strahlen in diesem Cylinder pro
seyn und die Abnahme der Dichte des Lichts wird
diese Dichte der Strahlen verhalten. Ist daher y d
des Lichtes in der Entfernung x von dem Stern, so
den Ausdruck haben

$$\partial y = -a y \partial x,$$

wo a eine constante Gröfse bezeichnet. Integrirt
Gleichung so, dafs $y = A$ für $x = 0$ ist, so erhält m
man die natürlichen Logarithmen nimmt,

$$\text{Log.} \frac{y}{A} = -ax.$$

Nach der obigen Voraussetzung ist, wenn der Ab
nächsten Sterns oder die *Sternweite* gleich der Einh
wird, der Werth von $y = 799$ und $A = 800$, so dafs
nach der letzten Gleichung für den Werth der Consta
Ausdruck $a = 0{,}0005432$ erhält. Setzt man also die
oder die Helligkeit unserer Sonne, ebenfalls gleich de
so hat man

$$\text{Log. } y = -0{,}0005432\,x,$$

und aus dieser Gleichung folgt, dafs man hat

für die Sternweite	die Helligkeit des Ster
84	0,9
554	0,5
5520	0,001 u. s. w.

so dafs also die um 554 Sternweiten (2216 Billione
von uns entfernten Sterne unter jener Voraussetzung
gefähr mit der Hälfte ihres ursprünglichen Lichtes z
langen werden. Die Helligkeit unsers Vollmonds ist
lich nur der 300000ste Theil der Helligkeit des Son

Setzt man also $y = \frac{1}{300000}$, so giebt die letzte
$x = 10083$, oder in der Distanz von 10083 Sternw
die Helligkeit des Sternes nur ungefähr die unsers V
seyn, und es werden daher sehr viele solcher dichtg
Sterne erfordert werden, um uns diesen Sternhaufen

der dunkelsten Nacht noch als einen blassen Nebelfleck erkennen zu lassen. Jener Einwurf kann daher nicht weiter als ein Beweis gegen die unendliche Anzahl der Himmelskörper angesehen werden, und da die letzte aus andern unabweisbaren Gründen angenommen werden muſs, so wird es nicht weiter nöthig seyn, die andern Versuche, die Anzahl der Sterne zu bestimmen, welche die Astronomen von Zeit zu Zeit ausgedacht haben, hier näher anzuführen.

B. Vertheilung der Fixsterne.

Wir sehen die Fixsterne am Himmel auf eine, wenigstens scheinbar sehr unregelmäſsige, Weise vertheilt, da sie an vielen Orten sehr gedrängt, an andern wieder durch beträchtliche Zwischenräume von einander getrennt erscheinen. Da wir aber einmal gewohnt sind, in der Natur überall Ordnung und Regelmäſsigkeit zu erblicken, so hat man sich von jeher bemüht, dieselbe auch hier wieder aufzufinden. Thomas Wright trägt in einem mit prachtvollen Abbildungen begleiteten Werke[1] eine Ansicht vor, nach welcher die Fixsterne am Himmel alle gleichen Entfernungen und in regelmäſsigen Lagen vertheilt sind, die uns aber nur deshalb so unordentlich erscheinen, weil wir sie nicht aus der gehörigen Stelle betrachten. Er meint, daſs sich die Reihen der Sterne vorzüglich durch die Ebene der Milchstraſse hin erstrecken, daher sie uns, die wir ebenfalls oder nahe bei dieser Ebene liegen, nach dieser Richtung zum Vergleich dichter gedrängt erscheinen, als nach allen andern. Allein seine sogenannte Theorie ist bloſs auf Imagination, nicht aber auf Beobachtungen und noch weniger auf eigentliche Berechnung gestützt und kann daher hier nur als ein schön ausgestattetes Gedicht betrachtet werden. Wie Kant diese Idee ersonnen und mit seinem Scharfsinne weiter ausbildete[2], ist bereits oben[3] erwähnt worden. Noch umständlicher und mit einer mathematischer Unterlage vorgetragen findet man diesen Gegenstand in den „Cosmologischen Briefen" von Lambert. Nach ihm sollen nämlich alle auſserhalb der Milchstraſse lie-

[1] An original Theory of the Universe. Lond. 1750. 4.
[2] Allgemeine Naturgeschichte des Himmels. 4te Aufl. 1808.
[3] S. Art. *Milchstraſse*. Bd. VI. S. 2282.

gende und nach allen Richtungen zerstreut erscheinend
zusammen ein einziges *Fixsternsystem* ausmachen, z
chem auch unsere Sonne selbst, als ein kleiner Thei
Systems, gehört. Ueberdiefs sollen aber eine unzählige
solcher Sonnensysteme (nicht blofs solcher einzelnen
in unermefslichen Reihen hinter einander und zwar a
in einer bestimmten Ebene (der *Milchstrafse*) liegen,
zu jedem dieser Syteme viele Tausende von Sonnen
wo dann jede dieser Sonnen wieder ihre bestimmte An
Planeten und Kometen hat. Obgleich nun die einzeln
nen in jedem dieser besondern Systeme schon ungeme
von einander entfernt sind, so sind doch die Abstän
viel gröfser, welche diese Fixsternsysteme selbst von
trennen. Ein solcher Abstand befindet sich also auch
dem oben erwähnten Fixsternsysteme (zu dem unsere So
ihren Planeten gehört, und das sich für uns scheinbar
ganzen Himmel verbreitet) und den übrigen Fixsterns
deren vereinter Glanz die Erscheinung der Milchstra
anlafst.

Aus dieser Anordnung sucht Lambert zu erklären
uns der Rand der Milchstrafse so deutlich begrenzt
Man stelle sich auf einer Ebene mehrere tausend Rei
Lichtern in gleichen Entfernungen vor, setze na
und unter diese Schicht noch eine Anzahl, z. B. fu
dere ähnliche Schichten, und bringe endlich das Au
Mitte des Ganzen. Wenn nun das Auge über oder u
in einer auf jene Ebene senkrechten Richtung schaut,
es nur funfzig Lichter in einer Reihe auf- oder ab
blicken. Je mehr es sich aber gegen den Horizont (g
Ebene hin) wendet, desto mehr wird die Anzahl derse
nehmen, und endlich werden im Horizonte selbst viele
Lichter hinter einander zu liegen scheinen. Allein dies
Streifen des Horizonts wird weder auf der obern noch
untern Seite desselben scharf begrenzt seyn, sondern nur
an Licht abnehmen, je weiter er von jener Ebene ent
Man ändere nun diese Stellung der Lichter dahin, d
zwar die nächsten Lichter um das Auge herum, wi
stehn läfst, aber zwischen diesen und den übrigen einen
breiten Kreis oder Ring davon wegnimmt. Auch von die
gen lasse man nur da und dort einige in ihrer vorigen

rings um sie einen ähnlichen breiten
weg, so dafs also statt der vorigen
erall mit gleichabstehenden Lichtern
undert unter sich parallel und eng an
bleiben, auf deren jeder blofs ein-
, deren jeder z. B. nur 20 oder 30
diese einzelnen Kreise jeder Ebene
nräume von einander getrennt sind.
d das Auge, wenn es senkrecht auf
ter sich sieht, zwar auch noch die
, in welchem es selbst steht, (die
ems) nach allen Seiten nahe gleich
die andern Lichtkreise (die andern
esto schwächer erscheinen, je weiter
nd der Lichtglanz, den sie alle zu-
dem Auge als ein heller Kreis (die
dessen Grenze in der Nähe jener
schnitten sich darstellen wird, je
kreise von einander entfernt oder je
erhältnifs zu den sie von einander
räumen seyn werden.

teme liegt unsere Sonne nach Lam-
ondern der Gegend des Adlers näher,
n geringerer Anzahl und zerstreuter
Systems verlegt er in die Nähe des
Hundes. Die Milchstrafse selbst ist
besonderen, dem unsern ähnlichen,
gesetzt, deren jedes uns nur wie ein
ie ein Nebelfleck) erscheinen würde,
, diese lichte Zone bilden, die den
inem gröfsten Kreise zu umgeben
eser Fixsternsysteme hat ohne Zwei-
der dunklen) Centralkörper, der in
der Sirius oder der grofse Nebel
die Milchstrafse bildende unzählige
der ein System höherer Ordnung aus,
ebenfalls ein Hauptkörper von einer
n ungeheuren Gebiete angemessenen,
rere solcher Milchstrafsen zusammen
res System, und so wird man viel-

leicht durch unzählige solche Ordnungen und Stufen a
müssen, ohne sich doch je dem Mittelpuncte oder de
des Ganzen zu nähern, da ein nach allen Seiten ins U
ausgedehnter Raum weder Mittelpunct noch Grenze hab

C. Entfernung oder Parallaxe der Fix

Die *Milchstrafse*, zu der wir gehören besteht
dem Vorhergehenden aus einer zahllosen Menge von
Fixsternsystemen, welche letztere unter sich durch für
unmefsbare Räume getrennt sind. Jedes solcher beson
sternsysteme besteht wieder aus Tausenden von einzel
sternen, d. h. aus ebenso vielen einzelnen Sonnen,
unsere Sonne ist, und auch diese einzelnen Sonnen si
von einander so weit entfernt, dafs wir auch diese
wie wir bald sehen werden, noch nicht, auch nur m
Sicherheit, anzugeben im Stande sind. Jede solche So
lich ist wieder der Centralkörper eines eignen *Sonn*
d. h. eines Systems von Planeten und Kometen, die
bestimmten Gesetzen um diese einzelne Sonne bew
von ihr Licht und Wärme erhalten.

Man hat die Astronomie die Königin der Wiss
genannt. In der That beschäftigt sie sich mit dem
und Herrlichsten, das dem menschlichen Geiste zur B
vorgelegt werden kann; auch ist dieser Geist in der
nifs jenes erhabenen Gegenstandes weiter, als vielleicht
einer andern, vorgedrungen. Und doch, was ist uns
sem Gegenstande bekannt geworden? Wir haben
angestrengtesten Bemühungen mehrerer Jahrtausende ei
nige Eigenschaften von unserem, uns zunächst un
Sonnensystem kennen gelernt, aber sogar von unserm
systeme wissen wir nicht viel mehr als nichts;
serer *Milchstrafse* endlich erlauben wir uns einige A
Phantasiespiele, nicht viel mehr, als Träume. Was
über dieses letzte System hinaus liegt, wird dem kö
und geistigen Auge des Menschen wahrscheinlich f
unbekannt bleiben.

Gehen wir also wieder zurück aus diesen uns ev
den Regionen zu *unserem Fixsternsysteme*, d. h. zu
Sammlung von vielleicht vielen Tausenden von Fixste

mal unsere Sonne, die selbst einer dieser Fixsterne ist, nicht umgeben und die zusammen ein in sich abgeschlossenes Ganze bilden, das von den übrigen ähnlichen Sterngebäuden, wie wir oben gesagt haben, durch Zwischenräume getrennt ist, gegen welche selbst die Distanzen dieser einzelnen Sonnen unter sich vielleicht wieder nur wie untheilbare Puncte verschwinden. Hier drängt sich uns also zuerst die Frage auf, wie sind diese Distanzen von unserer Sonne zu den übrigen Sonnen dieses unsers Fixsternsystems? Dieses ist die Frage der sogenannten *jährlichen Parallaxe* der Fixsterne, die wir oben[1] bereits öfter berührt, aber noch nicht der Gröfse der Wichtigkeit des Gegenstandes gemäfs behandelt worden ist, weswegen wir hier das Vorzüglichste über denselben in Kürze nachholen wollen.

Nennt man a den Halbmesser der hier als kreisförmig angenommenen Bahn der Erde um die Sonne, und R die Distanz eines Gestirns von dem Mittelpuncte dieser Erdbahn, so ist der Winkel π, unter welchem ein Auge in diesem Gestirne auf seine Gesichtslinie senkrechten Halbmesser der Erdbahn sieht, durch die Gleichung

$$\text{Sin. } \pi = \frac{a}{R}$$

bestimmt, und π heifst die *jährliche Parallaxe* des Gestirns, so wie, wenn dieser Winkel π durch irgend eine Beobachtung gegeben wird, dadurch auch die Entfernung R des Gestirns in Theilen des Halbmessers der Erdbahn durch die Gleichung $R = \frac{a}{\text{Sin. } \pi}$ bekannt ist.

Diese Gleichung kann, so lange der Winkel π nur klein ist, auch so ausgedrückt werden:

$$\pi \text{ Sin. } 1'' = \frac{a}{R},$$

wenn man R in Theilen des Halbmessers der Erdbahn, also nach der Einheit nimmt,

$$\pi = \frac{206265}{R}.$$

Ist also R = 57 Halbmesser der Erdbahn, so ist $\pi = 3618$ Secunden, so ist π nahe gleich einem Grad. Ist R = 3438, so

[1] S. Art. *Fixsterne* und *Parallaxe*.

ist π gleich einer Minute. Ist endlich R = 206265, gleich einer Secunde. Die folgenden zwei kleinen T ben einen Ueberblick dieser Verhältnisse.

π in Minuten	R	π in Secunden	R
60	57	60	343
30	115	30	687
20	172	20	1031
10	344	10	2062
5	688	5	4125
4	859	4	5156
3	1146	3	6875
2	1719	2	10313
1	3438	1	20626

Als Copernicus seine neue Lehre von der Bew Erde um die Sonne aufstellte, war der wichtigste Einw Gegner der, dafs man diese Bewegung der Erde an ei entspringenden scheinbaren Verrückung (Parallaxe) sterne bemerken müfste. Da man diese aber nicht so schlofs der kühne, seiner guten Sache fest vertraue daraus, dafs die Entfernung der Fixsterne *unendlich* daher jene scheinbare Bewegung derselben für uns klein oder unbemerkbar seyn müsse. Da aber die be nomischen Beobachtungen seiner Zeit höchstens auf nuten verläfslich waren, so hiefs dieses mit andern die Entfernung der Fixsterne von uns mufs über 17 messer der Erdbahn betragen, weil wir ihre Parall mehr bemerken können. Wie viel sie über diese hinausgehe, blieb unbekannt. Tycho Brahe war dessen Beobachtungen die Genauigkeit von einer Minu daher auch alle unsere astronomischen Kenntnisse, die Beobachtungen verlangen, erst mit ihm beginnen. Au fand aber keine Parallaxe der Fixsterne, d. h. aus se obachtungen folgt, dafs die Entfernung der Fixsterne Halbmesser der Erdbahn betragen müsse. Unsere gege Beobachtungen haben gewifs die Genauigkeit von zwe den, und wenn auch wir keine Parallaxe der Fixstern so dürfen wir sagen, dafs ihre Entfernung wenigsten Halbmesser der Erdbahn betragen müsse, so dafs unse

Meſsbaren 120mal weiter hinausgerückt ist, als die des
...ricus, und 30mal weiter, als die des Tycho.

Um diese Betrachtungen mehr zu versinnlichen, denken
uns einen irdischen Gegenstand C, der von dem Beobach- Fig. 122.
nahe eine deutsche geographische Meile (oder 22830 Par.
...) entfernt ist. Wenn der Beobachter die Entfernung die-
Gegenstandes von sich messen will, ohne zu ihm selbst
...gen zu können, so muſs er den Gegenstand bekanntlich
den zwei Endpuncten einer Standlinie (einer Basis) be-
...ten. Sey AB diese Basis, und nehmen wir an, daſs der
...chter in dem Dreiecke ABC die beiden Winkel A und B
seinem Instrumente gemessen habe, aus deren Unterschiede
...mit der bekannten Länge seiner Basis AB, die ge-
...Entfernung des Gegenstandes C durch die bekannten
...ften der Geometrie finden will. Wie groſs wird er
Basis nehmen müssen, damit ihm die Entfernung des
...standes nicht unendlich, nicht unermeſslich erscheine?
...bar wird diese Basis desto kleiner seyn dürfen, je besser
Instrument ist.

Nehmen wir an, sein Instrument sey dem erwähnten Ty-
...chen gleich, das nämlich nicht eher einen Unterschied der
...Richtungen des Gegenstandes C in den Puncten A und
...zeigt, als bis dieser Unterschied eine volle Minute beträgt.
...wird also, wie die vorige Tafel zeigt, die Basis AB der
...Theil der Entfernung des Gegenstandes seyn, also
$\frac{...}{...} = 6{,}64$ Fuſs oder nahe 6 Fuſs 8 Zoll betragen müssen,
kürzer darf diese Basis nicht seyn, wenn der nahe eine
...entfernte Gegenstand mit diesem Instrumente nicht un-
...ſslich weit entfernt erscheinen soll. Haben aber die Be-
...tungen eine sechsmal gröſsere Genauigkeit, oder kann man
einem anderen Instrumente bis auf 10 Sec. genau beobach-
...hört jene Entfernung schon auf, unermeſslich zu seyn,
...die Basis AB auch nur 13 Zoll beträgt. Und ebenso
...für ein Instrument, mit dem man bis auf

5, 4, 3, 2 und 1

...nden genau messen kann, die Basis in derselben Ordnung
...ungefähr

7, 5, 4, 3, 1

...betragen dürfen, um jene Distanz des Gegenstandes (von

nahe einer deutschen Meile) nicht mehr unermefslich zu
Die Messung der Distanz eines Fixsterns aber, dessen P
30 oder 5 oder ½ Secunde beträgt, und dessen Entfernu
in derselben Ordnung 6876 oder 41255 oder 41253
messer der Erdbahn erreicht, ist weder mehr noch
schwierig, als die Messung der Distanz eines eine Me
fernten irdischen Gegenstandes, von einer Basis aus,
Länge, wieder in derselben Ordnung, 6 Fufs 8 Zoll
Zoll oder endlich nur einen einzigen Zoll beträgt.

Man sieht überhaupt aus jener Gleichung, dafs jed
bene Fehler der Beobachtung in dem Winkel π auf
suchte Entfernung R einen um so nachtheiligern Einfl
je gröfser diese Entfernung R oder, was dasselbe ist, je
die Parallaxe π des Gestirns ist. In der That kann
vorhergehende Gleichung, wenn π in Secunden aus
wird, auch so schreiben:

$$R = 206265 \frac{a}{\pi},$$

und davon ist das Differential in Beziehung auf R und

$$\partial R = - 206265 \frac{a \partial \pi}{\pi^2}.$$

Nimmt man also den Beobachter a der Erdbahn für die
an, und setzt man den Fehler der Beobachtung $\partial \pi$
Secunde, so erhält man

$$R = \frac{206265}{\pi} \text{ und } \partial R = - \frac{2063}{\pi^2}.$$

Nach diesen Ausdrücken ist folgende kleine Tafel
net worden, die für die verschiedenen Werthe von π
zweiten Columne die entsprechenden Werthe von R,
der dritten die Fehler ∂R dieser Entfernung für den
$\partial \pi = 0'',01$ der Parallaxe giebt.

π	R	∂R
10″	20626	— 21
5	41253	— 82
4	51566	— 129
3	68755	— 229
2	103132	— 516
1	206265	— 2063
0,9	229180	— 2546
0,8	257830	— 3222
0,7	294660	— 4209
0,6	343770	— 5729
0,5	412530	— 8250
0,4	515660	— 12892
0,3	687550	— 22918
0,2	1031300	— 51566
0,1	2062600	— 206260

In dieser Tafel sind die Werthe von π in Secunden und von R und ∂R in Theilen des Halbmessers a der Erdbahn ausgedrückt, wonach bekanntlich a = 20665840 geogr. Meilen, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehn, ist. Ist z. B. die Parallaxe π gleich einer Secunde, so erhält man für die Entfernung R = 206265 a oder R = 4262640 Millionen Meilen, welche wir oben der Kürze wegen in runder Zahl 4 Billionen Meilen als das Mafs einer *Sternweite* angenommen haben. Wird dieser Winkel nur um $\frac{1}{100}$ Sec. unrichtig beobachtet, so findet man für den aus diesem Fehler entstehenden Irrthum in der Entfernung die Gröfse ∂R = 2063 a oder nahe R = 42626 Millionen Meilen, so dafs also der Fehler in R nahe den hundsten Theil des Ganzen beträgt. Viel gröfser wird dieser Fehler, wenn der Winkel π noch kleiner ist. Für π = 0″,1 z. B. derselbe Fehler von $\frac{1}{100}$ Secunde schon einen Fehler in R zur Folge, der den zehnten Theil des Ganzen oder über hundert Millionen Meilen ausmacht, da zu π = 0″,1 die Distanz R nahe gleich 42625361 Millionen Meilen ist oder im Mittel 10 Millionen Meilen beträgt.

Um nun diese Parallaxe eines Fixsterns durch Beobachtungen zu bestimmen, kann man auf folgende Weise verfahren. Es seien a und p die Rectascension und Poldistanz des aus dem Mittelpuncte der Sonne und a′, p′ des aus der Oberfläche der Erde gesehenen Sterns, so wie A und P die Rectascension und

Poldistanz des Mittelpunctes der Erde selbst, r die E
des Sterns von der Sonne und r′ von der Erde, so
wenn man wieder die halbe grofse Axe der Erdbahn
der Distanzen voraussetzt, folgende drei Gleichungen

$$r' \text{ Cos. } a' \text{ Sin. } p' = r \text{ Cos. } a \text{ Sin. } p + \text{Cos. A}$$
$$r' \text{ Sin. } a' \text{ Sin. } p' = r \text{ Sin. } a \text{ Sin. } p + \text{Sin. A}$$
$$r' \text{ Cos. } p' = r \text{ Cos. } p + \text{Cos. P.}$$

Setzt man die jährliche Parallaxe $\frac{1}{r}$ gleich π, so gieb
vision der beiden ersten dieser Gleichungen

$$\text{Tang. } a' = \frac{\text{Sin. a Sin. p} + \pi \text{ Sin. A Sin.}}{\text{Cos. a Sin. p} + \pi \text{ Cos. A Sin.}}$$

Dieser Ausdruck läfst sich, nach dem bekannten
leicht in die folgende Reihe entwickeln:

$$a' - a = m \text{ Sin. } (A-a) - \tfrac{1}{2} m^2 \text{ Sin. } 2(A-a) + \tfrac{1}{3} m^3 \text{ Sin. } 3$$

wo der Kürze wegen

$$m = \pi \frac{\text{Sin. P}}{\text{Sin. p}}$$

gesetzt worden ist. Ebenso erhält man

$$p' - p = \pi \Big(\text{Sin. } (P-p) + 2 \text{ Cos. p Sin. P Sin.}^2 -$$

Man sieht aus diesen beiden Ausdrücken von der
Parallaxe $\partial a = a' - a$ der Rectascension und ∂p
der Declination, dafs die zweite oder dafs ∂p imm
ist, als die absolute Parallaxe π, während im Geg
Parallaxe ∂a der Rectascension oft beträchtlich gr
werden kann, so dafs es demnach vortheilhafter ist
obachtungen der Rectascension zur Bestimmung der
der Fixsterne zu wählen. Nachdem aber mehrere A
mit den besten Instrumenten auf diesem Wege die
nicht gefunden hatten, weil die Winkel, welche sie
hielten, zu klein waren, um noch von ihrem Instru
Sicherheit angegeben zu werden, so suchte man weni
Summe der Parallaxe zweier Sterne, in der Hoffnung,
bedeutend genug seyn werde, um noch mit Verläfsli
obachtet werden zu können. Wählt man nämlich e
Sternpaar, dessen Rectascensionen a und a′ nahe um
verschieden sind, und nimmt man vorläufig die Pa
für beide Sterne gleich grofs an, so wird man durch
Beobachtung dieser Sterne die Rectascension des ein

[illegible] und die des andern gleich $a' - \partial a$, also beider Diffe- [illegible] $\Delta = a - a' + 2\partial a$ finden. Nach einem halben Jahre [illegible] werden die beobachteten Rectascensionen derselben Sterne [illegible] und $a' + \partial a$, also beider Differenz $\Delta = a - a' - 2\partial a$ [illegible] wodurch man daher

$$\Delta - \Delta = 4\partial a$$

[illegible] die doppelte Summe beider Parallaxen erhält, die vielleicht [illegible] unsere Instrumente noch merkbar seyn wird, wenn auch die [illegible] Parallaxen selbst nicht mehr unterschieden werden kön- [illegible]. Uebrigens wird man zu diesem Zwecke die beiden Sterne [illegible] zwei Jahreszeiten beobachten, wo die Parallaxen ihrer [illegible]censionen den gröfsten positiven und negativen Werth [illegible], d. h., wie aus der vorhergehenden Gleichung für ∂a folgt, [illegible] gleich $90 + A$ oder gleich $270 + A$ ist.

[illegible] wir nun das Vorzüglichste zusammen, was seit der [illegible] des vorigen Jahrhunderts über die Parallaxe der Fixsterne [illegible] unmittelbare Beobachtungen derselben gefunden worden ist. [illegible] der gröfsten praktischen Astronomen, James Bradley, [illegible]gleich mit den besten Instrumenten seiner Zeit versehen [illegible] stellte die Behauptung auf, dafs die beiden Fixsterne γ Dra- [illegible] und γ Ursae majoris (die er durch eine Reihe von vielen [illegible] mit der gröfsten Aufmerksamkeit verfolgte und aus wel- [illegible] Beobachtungen er auch seine bekannte Entdeckung der [illegible] und der Nutation ableitete) eine jährliche Parallaxe [illegible] halben Secunde nicht haben können, weil sie ihm sonst [illegible] entgangen seyn würde. Seitdem hat man gleichsam still- [illegible]gend angenommen, dafs die Parallaxe aller Fixsterne eben- [illegible] klein sey, um durch unsere Instrumente noch erkenn- [illegible] werden, was aber offenbar unrecht ist und aus Bradley's [illegible], sofern er nur von zwei Sternen spricht, nicht [illegible] werden kann. Funfzig Jahre später, im Anfange des [illegible]rigen Jahrhunderts, ging ein anderer grofser Beobachter, [illegible] in Palermo, zu der Untersuchung dieses Gegenstandes [illegible]. Er fand die Parallaxe von α Aurigae, α Bootis und [illegible] allerdings sehr nahe gleich Null oder ganz verschwin- [illegible], allein für die Sterne α Tauri, α Canis maj., α Canis min. [illegible] Lyrae fand er aus seinen Beobachtungen Parallaxen, die [illegible] bis zu vollen 1″ gingen. Besonders hielt er die Paral- [illegible] von 4″ für α Can. maj. für sehr wahrscheinlich; für α Lyrae [illegible] 2″ und bald darauf Calandrelli in Rom mit einem

weniger vorzüglichen Instrumente sogar 4″4. Später suchte Bessel alle von Bradley in dem Laufe von Jahren auf der Sternwarte zu Greenwich beobachteten scensionen der beiden Sterne α Can. maj. und α Lyrae, (wegen ihres Unterschiedes von 180 Graden in der Rectas besonders zu eignen schienen, die Summe ihrer Pa nach dem oben bestimmten Verfahren, zu bestimmen, a fand aus 207 Beobachtungen dieser Sterne die Sum Parallaxen gleich 0″,044. Für ein anderes Sternpaar, min. und α Aquilae, fand Bessel aus 200 Beobachtun Summe ihrer Parallaxen gleich 0″,93.

Brinkley in Dublin, mit einem Meridiankreise v Fufs im Halbmesser, wählte die Beobachtung der Dec zur Bestimmung der Parallaxe. Er fand für α Aquil für α Lyrae 1″,1 und für α Bootis und α Cygni nahe e cunde. Brinkley selbst legte diesen Resultaten einen Werth bei und vertheidigte sie volle neun Jahre gegen griffe Pond's, des kön. Astronomen in Greenwich, der ihn dasselbe Vertrauen schenken wollte. Pond selbst benutz nur seine trefflichen Meridiankreise zu seinen viele Ja eifrig fortgesetzten Beobachtungen der Parallaxe, sondern festigte auch mehrere grofse, zehn Fufs lange Fernröhre nerne Pfeiler so, dafs sie auf bestimmte Sterne gerichtet und ihren Declinationsunterschied von anderen, ihrem nahen Sternen durch ein Fadenmikrometer angaben. A seine Beobachtungen vereinigten sich dahin, dafs die P aller von ihm auf diese Weise beobachteten Fixsterne unmerklich ist. Auch Airy, der Nachfolger Pond's, is seine eigenen Beobachtungen zu denselben Resultaten g

Schon der ältere Herschel war der Ansicht, da Mefsinstrumente zu diesem Zwecke, wo es sich um die B von Winkeln handelt, die vielleicht nur einige Zehnthe Secunden betragen, nicht geeignet sind. Er schlug da Bestimmung der Parallaxe die Beobachtung der *Dopp* vor, indem er voraussetzte, dafs diese Doppelsterne nur bar doppelt seyn, dafs sie nur zufällig auf derselben G linie, aber vielleicht in sehr grofsen Distanzen hinter e liegen. Unter dieser Voraussetzung war die Hoffnung g dafs man durch fortgesetzte Vergleichung eines solchen paares die Veränderungen wohl bemerken würde, welc

über derselben durch die Parallaxe erleidet, während der ent-
fernte, als in einer unendlichen Entfernung angenommen,
keinen einen festen und unveränderlichen Punct des Him-
mels bezeichnet, der eben zur Bestimmung der Veränderung des
nahen Sternes sehr geschickt seyn wird. Allein er fand be-
merklich, bald nachdem er diese Beobachtungen begonnen
hatte, ganz etwas anderes, als was er in der That suchte. Er
fand, dafs bei weitem die meisten dieser Doppelsterne zusam-
mengehören und ein System für sich bilden, wodurch demnach
die erste Hypothese widerlegt oder doch in den meisten Fäl-
len unanwendbar gemacht wurde. α Lyrae der 1ten Gröfse und
ihr kleiner Begleiter in 43 Sec. Entfernung von der XIten Gröfse
sind von diesen Doppelsternen eine Ausnahme; sie sind in
der That, da sie ganz verschiedene eigene Bewegungen haben,
unvereinbar, nicht wahrhaft doppelt, nicht zu einem System
verbunden. Struve hat bereits angefangen, dieses Sternpaar in
jeder Beziehung zu verfolgen. Aus den bisherigen Beobach-
tungen, die aber fortgesetzt werden, fand er die jährliche Pa-
rallaxe $= 0'',2613$ mit dem wahrscheinlichen Fehler $\pm\ 0'',025$.
Es giebt die Entfernung von der Sonne gleich 771400 Halb-
messern der Erdbahn, eine Entfernung, die das Licht in 12 Jah-
ren durchläuft. Struve hofft aus guten Gründen, dafs er die
Parallaxe von α Lyrae auf diesem Wege in sehr enge Grenzen
einschliefsen werde.

Bisher wählte man zu diesen Bestimmungen durchaus nur
gröfsern oder hellern Sterne, in der Voraussetzung, dafs sie
es deshalb auch die *näheren* seyn müfsten. Bessel stellte
zuerst die Behauptung auf, dafs auch diejenigen Sterne, die eine
sehr eigene Bewegung haben, wahrscheinlich zu den näheren
gehört, dafs sie daher, wenigstens in Beziehung auf ihre Nähe,
vorzugsweise untersucht werden sollten. Unter allen uns bekannten
Sternen des Himmels ist der Doppelstern 61 Cygni derjenige,
der eigene Bewegung am gröfsten ist. Sie beträgt in Rect-
ascension jährlich $+\ 5'',15$ und in Declination $+\ 3'',12$. Bessel
glich ihn mit zwei andern kleinen Sternen der Xten Gröfse
seiner Nachbarschaft, und setzte diese Beobachtungen eine
lange Zeit an seinem grofsen Heliometer fort. Als Endresul-
tat seiner Untersuchungen findet er[1] die jährliche Parallaxe von

[1] Astronom. Nachrichten. Nr. 366.

61 Cygni gleich 0″,3136 mit dem mittleren Fehler ± und man darf hinzusetzen, dafs diese Bestimmung eine laxe genauer ist, als irgend eine der bisher angestellte denn auch die angeführten Rechnungsdarstellungen eine Grad von Vertrauen in die daraus abgeleiteten Resultat flöfsen geeignet erscheinen. Diese Parallaxe giebt die Entfernung des Fixsterns 61 Cygni von der Sonne gleich Halbmessern der Erdbahn oder nahe 13592000 Millionen oder endlich etwas über drei solche Sternweiten, de oben jede zu 4 Billionen Meilen angenommen haben. welche das Licht braucht, diese Distanz zu durchla 10,3 Jahre. Wenn ein Dampfwagen täglich 200 M rücklegte, so würde er nahe 200 Millionen Jahre brau bis zu jenem Sterne zu gelangen. Da ferner die jähr gene Bewegung dieses Doppelsterns, nach dem Vorherg in einem gröfsten Kreise des Himmels gezählt, gleic ist, so ist die relative jährliche Bewegung unseres systems und dieses Doppelsternes gröfser als $\frac{5,123}{0,3136}$ Halbmesser der Erdbahn; bis zu dieser Gröfse würde lich herabsinken, wenn sie senkreckt auf die Gesichts sich ginge. Die Umlaufszeit des kleineren dieser beide um den grofsen ist nahe 540 Jahre und die halbe gr der Bahn des kleinern beträgt 15 Secunden. Endl noch die Summe der Massen der beiden Sterne dies von Bessel annähernd gleich 0,61 der Sonnenmasse Künftige Beobachtungen dieses merkwürdigen Dopp werden diese Resultate ohne Zweifel noch genauer be aber immerhin können sie schon als sehr genähert und sam als der erste gelungene Versuch betrachtet werden Blicke auch jenseits der Grenze des Sonnensystems a nen und in jene Tiefen des Himmels zu erweitern, d dem menschlichen Geiste ganz unzugänglich gewes Dieser Doppelstern ist der erste Stern des Himmels, Entfernung von uns wir mit einiger Bestimmtheit angeb nen, da die Grenze der Unsicherheit dieser Angabe no den zehnten Theil der ganzen Entfernung betrifft, denn Vorhergehenden mufs die Parallaxe dieses Doppelstern schen 0″,33 und 0″,29, also die Entfernung desselben 625050 und 711260 Halbmesser der Erdbahn fallen.

Charakteristik unseres Sonnensystems.

Da unser Fixsternsystem, wie gesagt, aus mehrern ein- Sonnensystemen besteht, wo in jedem der letzteren meh- Planeten und Kometen sich um ihre Sonne, als um ihren Mittelkörper, bewegen, so wird man, diese Sonnensysteme voneinander zu unterscheiden, die *Charakteristik* derselben finden, deren Betrachtung hier um so weniger übergangen werden darf, da wir uns in dem Vorhergehenden schon öfter darauf bezogen haben.

Angenommen, dafs die Bewegungen um alle diese Sonnen nach dem Gesetze der allgemeinen Gravitation vor sich gehn, nämlich jede dieser Sonnen die um sie umlaufenden Körper im Verhältnifs das Quadrat ihrer Entfernungen an sich zieht, so verhalten sich die Flächen der von den Radien Vectoren dieser Körper um ihre Sonne beschriebenen Sectoren zu den Zeiten, welchen sie beschrieben werden, wie die Quadratwurzeln aus den Parametern ihrer Bahnen verhalten. Ist also a die grofse Axe der elliptischen Bahn eines solchen Körpers und f die in der Zeit t beschriebene Fläche, so wie p der Parameter der Bahn, so hat man

$$\frac{f}{t} = \mu . \sqrt{p},$$

wo μ eine constante Gröfse ist. Um diese Gröfse μ näher zu finden, so hat man, wenn $\frac{1}{2}$ F die Fläche der ganzen Ellipse und T die Umlaufszeit des Körpers um seine Sonne bedeutet, wie zuvor,

$$\frac{F}{T} = \mu . \sqrt{p}.$$

Ist e die Excentricität der Ellipse, so hat man

$$\tfrac{1}{2} F = a^2 \pi \sqrt{1 - e^2}$$

$$p = a(1 - e^2),$$

also daher die vorhergehende Gleichung in die folgende über geht:

$$\mu = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T},$$

wo π die bekannte Ludolph'sche Zahl 3,14159.. bezeichnet.

I. Kennt man also von einem dieser Körper fü
stimmtes Sonnensystem die halbe grofse Axe a und
laufszeit T, so ist damit auch der Werth dieser C
gegeben. Für unser Sonnensystem hat man z. B., wen
Erde für jenen Körper nimmt, a = 1 und T = 365,256
also ist auch

$$\mu = \frac{2\pi}{T} = 0{,}0172021.$$

Hätte man aber irgend einen andern Planeten unsere
systems, z. B. Mars, gewählt, so wäre a = 1,5
T = 686,979579, also auch

$$\mu = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{T} = 0{,}0172021, \text{ wie zuvor,}$$

so dafs also für alle Planeten und Kometen, so wie
für alle um unsere Sonne sich bewegenden Körper di
$\mu = 0{,}0172021$ immer denselben Werth behält, der
sogleich (in Nr. V) sehn werden, eigentlich von
der Sonne abhängt und daher diesem unseren Son
eigenthümlich ist, daher auch diese Gröfse μ die C
stik unseres Sonnensystems genannt wird.

II. Bemerken wir noch, dafs dieser Werth v
für alle Planeten und Kometen, die sich um unsere
wegen, gehört, nicht aber für die Satelliten diese
Da nämlich diese Satelliten mit ihrem Hauptplaneten
ein abgesondertes System für sich bilden, so wird
solchen Satellitensysteme eine eigene Charakteristik
Für unsern irdischen Mond oder für unser Mondsy
ist die mittlere Entfernung des Monds von dem Mitt
Erde gleich 51830 geogr. Meilen, also auch

$$a = \frac{51830}{20666000} = 0{,}0025079 \text{ Halbmesser der}$$

Da weiter die siderische Umlaufszeit des Mondes T =
Tage ist, so hat man

$$\mu' = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T} = 0{,}00002888$$

für die Charakteristik des Mondsystems unserer Erde.
hat man für das System der vier Jupitersmode, wenn
letzten derselben nimmt,

$$a = \frac{258320}{20666000} = 0{,}0125$$ Halbmesser der Erdbahn

die siderische Umlaufszeit dieses Monds

$$T = 16{,}68902 \text{ Tage},$$

auch für die Charakteristik dieses Satellitensystems

$$\mu'' = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T} = 0{,}000526.$$

Die Gleichung für μ zeigt zugleich, dafs in jedem Systeme die Quadrate der Umlaufszeiten der um den Centralkörper sich bewegenden Gestirne sich verhalten, wie die Würfel der grofsen Axen ihrer Bahnen, wie dieses dem bekannten dritten Keplerschen Gesetze gemäfs ist. Auch hat man, da T die Umlaufszeit bezeichnet, für die mittlere tägliche Bewegung dieser Körper den Ausdruck

$$\frac{2\pi}{T} \text{ oder } \frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}},$$

so dafs daher die mittlere Bewegung derselben in einem Zeitraume von t Tagen gleich $\frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}} . t$ seyn wird.

III. Setzt man in der Gleichung

$$T = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{0{,}0172021}$$

die Gröfse $a = 1$, so erhält man $T = 365{,}256$ Tage. Setzt aber z. B. $a = \frac{1}{2}$, so erhält man $T' = 298{,}958$ Tage, also $T = 66{,}298$ Tage und

$$\frac{T - T'}{T} = 0{,}1815,$$

das heifst: wird die mittlere Distanz a der Erde von der Sonne um $\frac{1}{2}$ ihrer Gröfse vermindert, so wird das Jahr T der Erde dadurch um 0,1815 seiner gegenwärtigen Gröfse kleiner, oder auch um 66,298 Tage, also nahe um zwei Monate, vermindert. Lassen wir aber die mittlere Distanz $a = 1$ unverändert und ändern wir dafür die Umlaufszeit T, so giebt die Gleichung

$$\mu = \frac{2\pi}{T}$$

für $T = 365{,}256$ den Werth $\mu = 0{,}017202$. Nimmt man da-

gegen die Umlaufszeit um ihren 12ten Theil, das heifs um einen Monat kleiner, so hat man $T' = 334{,}82$, u giebt

$$\mu' = 0{,}018766,$$

also auch $\mu' - \mu = 0{,}001564$ und $\frac{\mu' - \mu}{\mu} = 0{,}0909$, d nimmt man bei derselben mittleren Distanz die Ur der Erde um ihren 12ten Theil kleiner, als sie jetzt wird dadurch die Charakteristik μ des Sonnensystems Masse der Sonne) um ihren zehnten Theil gröfser.

IV. Kürzer und allgemeiner zugleich findet m und ähnliche Aufgaben, wenn man die vorhergehen chung

$$\mu = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T}$$

differentiirt. Thut man dieses zuerst in Beziehung a a, so erhält man

$$\partial T = \frac{3T}{2a} . \partial a,$$

wo man, wie zuvor, für $a = 1$, $\partial a = \frac{1}{8}$ und $T =$ findet $\partial T = 66$ Tage.

Differentiirt man aber jene Gleichung in Beziehu und μ, so hat man

$$\partial \mu = -\frac{\mu \partial T}{T},$$

und damit erhält man $\partial \mu = 0{,}00156$, wenn man ∂T Tage setzt.

V. Nennt man m die Masse der Sonne, so sin kannten dynamischen Gleichungen für die Bewegung neten um die Sonne[1]:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \frac{m x}{r^3} &= 0 \\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{m y}{r^3} &= 0 \\ \frac{d^2 z}{\partial t^2} + \frac{m z}{r^3} &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (A)$$

1 S. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1569.

wo r die Entfernung des Planeten von der Sonne, also $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ist, und wo t die Zeit bezeichnet. Da nach die in der Entfernung r von der Sonne statt habende ziehungskraft der Sonne gleich $\frac{m}{r^2}$ ist, so mufs bei der Be- mmung der eigentlichen Gröfse dieser Kraft und ihrer Wir- ng auf eine Einheit nothwendig eine Zeiteinheit und eine nheit angenommen werden. Sey die Zeiteinheit der mitt- Sonnentag und die Raumeinheit die halbe grofse Axe der hn. Wenn also die Sonne auf einen ruhenden materiel- Punct, dessen Entfernung von der Sonne gleich 1 ist, rend eines mittleren Tags fortwährend einwirkte, und zwar nur mit derselben Kraft (so dafs also die relative Entfernung beiden Körper sich nicht änderte), so würde diese Sonne Ende des mittleren Tags dem Puncte eine Geschwindigkeit lt haben, welche ihn, wenn er jetzt ganz allein sich selbst lassen bliebe, in der Zeiteinheit (d. h. während eines mitt- Tages) um die Länge m, nach der Längeneinheit gemes- fortreiben würde. Es ist aber die mittlere tägliche Be- ung der Erde gleich 3548″,33 Raumsecunden oder, in ten des Halbmessers der Erdbahn ausgedrückt, gleich 0,33 Sin. 1″ = 0,017202. Da aber diese letzte Gröfse oben ch μ war, so ist auch $m = \mu^2$ oder $= 0{,}0002959$. n der blofsen Form jener Gleichungen (A) folgt, dafs m die *asse der Sonne* bezeichnet, wenn von der Bewegung eines neten, und die *Masse des Hauptplaneten*, wenn von der egung eines Satelliten um diesen Hauptplaneten die Rede Wir haben aber oben für die Charakteristik

des Planetensystems	$\mu = 0{,}017202$
des Mondsystems der Erde	$\mu' = 0{,}00002888$
des Mondsystems des Jupiter	$\mu'' = 0{,}000526$

hen. Nimmt man des diesen Gröfsen die Verhältnisse in chung auf die erste Gröfse μ, so erhält man

$$\mu = 1$$
$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{0{,}00002888}{0{,}017202} = 0{,}0016788,$$
$$\frac{\mu''}{\mu} = \frac{0{,}000526}{0{,}017202} = 0{,}030507.$$

Allein die Massen dieser drei Himmelskörper sind
neuesten Bestimmungen[1] für

$$\text{Sonne} \ldots 1$$

$$\text{Erde} \ldots \frac{1}{354940} = 0{,}0000028174,$$

$$\text{Jupiter} \ldots \frac{1}{1054} = 0{,}0009488.$$

Quadrirt man aber die vorhergehenden Werthe von $\frac{\mu'}{\mu}$
so erhält man

$$\left(\frac{\mu'}{\mu}\right)^2 = 0{,}000002819$$

und

$$\left(\frac{\mu''}{\mu}\right)^2 = 0{,}000931$$

sehr nahe, wie zuvor für die Massen, so dafs also d
$m = \mu^2$ für jedes System die Masse des Centralkörp
Systems bezeichnet oder dafs die *Charakteristik* des
gleich der Quadratwurzel aus der Masse des Centralkör

VI. Um den Werth dieser wichtigen Gröfse μ
einem anderen einfacheren Wege zu finden, wollen wi
ken, dafs der Bogen, welchen die Erde in ihrer mittl
wegung um die Sonne während einer Secunde b
gleich $\frac{2\pi}{T}$ ist, wenn T, die siderische Revolution der
Zeitsecunden ausgedrückt ist. Der Sinus versus di
gens ist

$$a\left(1 - \text{Cos.}\,\frac{2\pi}{T}\right) = 2a\left(\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}.\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{2\pi}{T}$$

und da der Sinus versus als die Abweichung der krum
Bahn der Erde von ihrer Tangente während einer Ze
angesehn werden kann, so ist auch diese Gröfse $\frac{2\pi}{T}$
Theilen der halben grofsen Axe der Erdbahn ausgedrü
jenige Gröfse, um welche die Erde in ihrer jährliche
gung, während einer Zeitsecunde, gegen die Sonne fa

1 S. Art. *Masse*. Bd. VI. S. 1393.

$\frac{4\pi^2 a}{T^2}$ ist die Anziehung der Sonne in der Entfernung a von dem Mittelpuncte.

Die Gröfse aber, um welche die Erde auf ihrer Oberfläche einen Körper gegen ihren Mittelpunct zieht, ist gleich $\frac{1}{2}g = 15{,}107$ Par. Fufs, oder wenn der Halbmesser der Erde 19608666 Par. Fufs beträgt, $\frac{1}{2}g = \frac{15{,}107}{19608666} = 0{,}0000007704247$ Erdhalbmesser, und dieses ist zugleich die Anziehung der Erde in der Entfernung ihres Halbmessers, den wir hier für die Einheit der Entfernungen annehmen wollen, so dafs also auch die Gröfse

$$\frac{\frac{1}{2}g}{a^2}$$

die Anziehung der Erde in der Entfernung a bezeichnet, wo a den Halbmesser der Erdbahn in Erdhalbmessern ausgedrückt ist. Aber, für dieselbe Entfernung, die Anziehung zweier Körper sich wie ihre Massen verhält, so hat man, wenn wieder die Masse der Sonne, die der Erde als Einheit angenommen, bezeichnet,

$$m : 1 = \frac{2\pi^2 a}{T^2} : \frac{\frac{1}{2}g}{a^2}$$

und es ist

$$m = \frac{4\pi^2 a^3}{g T^2}.$$

Um diesen Ausdruck zu berechnen, hat man für die siderische Revolution der Erde

$$T = (365{,}256384)\,(24)\,(60)^2 \text{ Secunden.}$$

Die halbe grofse Axe der Erdbahn, in Theilen des Erdhalbmessers ausgedrückt, ist $a = \frac{1}{\text{Sin. } 8'',6}$, wenn die Sonnenparallaxe gleich 8″,6 angenommen wird. Endlich ist nach dem Vorhergehenden $g = 0{,}000001540849$. Man hat daher

$$\begin{aligned}
\text{Log. } 4\pi^2 &= 1{,}5963598\\
\text{Log. } a^3 &= 3{,}1397798\\
&\overline{4{,}7361396}\\
\text{Log. } T^2 &= 4{,}9982230\\
&\overline{9{,}7379166}\\
\text{Log. } g &= 4{,}1877617\\
&\overline{5{,}5501549}\\
\text{Log. } m &= 5{,}5501549\\
m &= 354940
\end{aligned}$$

so dafs daher $m = \mu^2 = 354940$ die Masse der Sonne der Erde ausdrückt, was vollkommen mit der oben angenommenen Sonnenmasse übereinstimmt.

VII. Da die Gleichungen (A) in Nr. V in diese schon öfter angeführt worden und da sie überhaupt ganze Gebiet der Astronomie von der gröfsten Wichtig so wird es nicht unangemessen seyn, hier noch die I derselben auf die einfachste Weise zu geben.

Multiplicirt man die erste dieser drei Gleichungen und die zweite durch $-x$, so giebt die Summe di ducte

$$0 = \frac{y\partial^2 x - x\partial^2 y}{\partial t^2},$$

wovon das Integral ist

$$y\partial x - x\partial y = C.\partial t,$$

wenn C irgend eine Constante bezeichnet. Behan ebenso die zwei andern Paare dieser Gleichungen, man die drei folgenden Ausdrücke

$$\left.\begin{aligned} y\partial x - x\partial y &= C.\partial t\\ z\partial x - x\partial z &= C'.\partial t\\ z\partial y - y\partial z &= C''.\partial t \end{aligned}\right\}.$$

Multiplicirt man aber von diesen letzten drei Gleichu erste durch z, die zweite durch $-y$ und die dritte so ist ihre Summe

$$0 = C''x - C'y + Cz,$$

und da diese Gleichung zeigt, dafs die gesuchte Bahn neten in einer Ebene liegt, die durch den Mittelp Sonne, als den Anfangspunct der Coordinaten, geht, man diese Ebene der Bahn als die der coordinirten E

nehmen. Dadurch wird z und $\partial^2 z$ gleich Null, und die Gleichungen (A) sind den zwei folgenden gleichgeltend:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}+\frac{m x}{r^3}&=0\\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{m y}{r^3}&=0\end{aligned}\right\}\quad\ldots\quad (B)$$

diesen beiden Gleichungen findet man sofort die beiden den ersten Integrale:

$$\frac{\partial x^2+\partial y^2}{\partial t^2}-\frac{2m}{r}+\frac{m}{a}=0$$

$$x\partial y-y\partial x=\partial t.\sqrt{m p},$$

und p die Constanten der Integration bezeichnen. Setzt der $x=r\,\mathrm{Cos.}\,v$ und $y=r\,\mathrm{Sin.}\,v$, so gehn die beiden Gleichungen in folgende über:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial r^2+r^2\partial v^2}{\partial t^2}-\frac{2m}{r}+\frac{m}{a}&=0\\ r^2\partial v&=\partial t.\sqrt{m p}\end{aligned}\right\}\quad\ldots\quad (C)$$

man aus ihnen die Gröfse ∂t und setzt man der Kürze $\frac{1}{r}=z$, so hat man

$$\partial r=\frac{p\partial z}{\sqrt{1-\frac{p}{a}-(1-pz)^2}},$$

das Integral ist

$$pz=1+\sqrt{1-\frac{p}{a}}.\,\mathrm{Cos.}\,v,$$

gesetzt, dafs $r=p$ für $v=90°$ ist. Stellt man den von $z=\frac{1}{r}$ wieder her und setzt $1-\frac{p}{a}=e^2$, so hat

$$r=\frac{p}{1+e\,\mathrm{Cos.}\,v}=\frac{a(1-e^2)}{1+e\,\mathrm{Cos.}\,v}$$

die gesuchte Gleichung der Bahn, die also ein Kegelschnitt und zwar eine Ellipse, Hyperbel oder Parabel, jenachdem

a positiv, negativ oder unendlich, oder auch jenach kleiner, gröſser, oder ebenso grofs als die Einheit ist.

Eliminirt man ∂v aus den beiden Gleichungen (C)

$$\partial v = \frac{r\,\partial r \cdot \sqrt{\frac{a}{m}}}{\sqrt{a^2 e^2 - (a-r)^2}}.$$

Diesen Ausdruck einfacher zu machen, sey

$$r = a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u),$$

so hat man

$$\partial t \cdot \sqrt{\frac{m}{a}} = (1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u)\,.\,\partial u,$$

wovon das Integral ist:

$$t \cdot \sqrt{\frac{m}{a^3}} = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u,$$

wenn u mit t zugleich verschwindet. Die letzte Gl giebt u für jede Zeit t, und wenn so u bekannt ist, so r und v durch die Gleichungen

$$r = a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u),$$

$$\mathrm{Cos.}\,v = \frac{a(1-e^2) - r}{er}.$$

Zur Prüfung der Rechnung hat man auch noch die Gl

$$\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}v = \mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}u \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}.$$

Dieses sind dieselben Ausdrücke, deren wir schon öft Erwähnung gethan haben.

VIII. Dabei ist, wie gesagt, auf die Neigung de der Bahn keine Rücksicht genommen worden, indem n nach dem Vorhergehenden immer erlaubt ist, die Gröfs gesetzt hat. Nimmt man aber in den Gleichungen Nr. V die Axe der x in der Linie der Nachtgleichen coordinirte Ebene der xy in der Ebene der Ekliptik, senkrecht auf die Ekliptik an, so müssen die Integ drei Gleichungen (A) eigentlich sechs endliche Glei

---

1 S. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1569 oder *Mittlerer Planet* S. 2313.

mit ebenso vielen Constanten geben. Nennt man n und k die Neigung und die Länge des Knotens der Bahn in der Ekliptik, die Länge des Perihels weniger der Länge des Knotens, und hält man die vorigen Bezeichnungen von a, e, u, r, v und $= \int n$ bei und setzt überdiefs A gleich der Epoche der mittleren Anomalie für den Anfang der Zeit t oder für $= \text{Null}$, so sind die sechs erwähnten Integrale, wie man leicht sieht, wenn man die in (VII) erhaltenen Gleichungen in den zwei letzten verbindet, die oben[1] angeführt worden sind, wie folgt:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\mu^{\frac{1}{2}} t}{a^{\frac{3}{2}}} + A = u - e\,\text{Sin.}\,u \\
&\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}v = \text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}u \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \\
&r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\,\text{Cos.}\,v} \\
&\text{Cos.}(v+\omega)\,\text{Cos.}\,k - r\,\text{Sin.}\,(v+\omega)\,\text{Cos.}\,n\,\text{Sin.}\,k \\
&\text{Cos.}(v+\omega)\,\text{Sin.}\,k + r\,\text{Sin.}\,(v+\omega)\,\text{Cos.}\,n\,\text{Cos.}\,k \\
&\text{Sin.}(v+\omega)\,\text{Sin.}\,n
\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (D)$$

Ohne die Integrationen der drei Gleichungen (A) hier umständlich auszuführen[2], wird es genügen, durch die Differentiation der Gleichungen (D) uns von der Richtigkeit jener Integrationen zu überzeugen. Bemerken wir noch, dafs diese Integrationen sechs Constanten einführen, die hier als die sechs Elemente der Bahn erscheinen, nämlich

a oder die halbe grofse Axe der Bahn,
e oder die Excentricität der Bahn,
ω oder die Distanz des Perihels vom Knoten,
A oder die Epoche der mittleren Anomalie,
k oder die Länge des aufsteigenden Knotens,
n oder die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.

Hat man nun, die angezeigten Differentiationen auszuführen,

[1] S. Art. *Tabellen*. Bd. IX. S. 21.
[2] Vergl. Littrow's theor. und prakt. Astronomie. Wien 1821. Bd. II. S. 29.

$p = a(1 - e^2)$, so sind die Differentiale der dre
der Gleichungen (D)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{a}{r}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\mu \sqrt{p}}{r^2}$$

$$\frac{\partial r}{\partial t} = \frac{\mu . e}{\sqrt{p}} \text{Sin. } v$$

und damit erhält man sofort auch die Differentiale
letzten der Gleichungen (D), wie folgt:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Sin.}(v+\omega) + e \text{ Sin. } \omega) \text{ Cos. k}$$

$$-\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Cos.}(v+\omega) + e \text{ Cos. } \omega) \text{ Sin. k}$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Sin.}(v+\omega) + e \text{ Sin. } \omega) \text{ Sin. k}$$

$$+\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Cos.}(v+\omega) + e \text{ Cos. } \omega) \text{ Cos. k}$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = +\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Cos.}(v+\omega) + e \text{ Sin. } \omega) \text{ Sin. n,}$$

und wenn man endlich diese drei letzten Ausdrücke noc
differentiirt und den vorigen Werth von

$$\partial v = \frac{\mu}{r^2} \partial t . \sqrt{p}$$

substituirt, so erhält man

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \text{ oder } \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\frac{\mu^2 x}{r^3}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} \cdot \frac{y}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{\mu^2 y}{r^3}$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\frac{\mu^2 z}{r^3}$$

und dieses sind dieselben Gleichungen (A), von welc

[illegible] ausgegangen sind, so daſs demnach die sechs angeführten [illegible] (D) ihre volle Richtigkeit haben.

E. Verschiedenheit der Himmelskörper.

In unserm Sonnensysteme bemerken wir, mit der einzigen [illegible] des Saturnsrings, an der Sonne, den Planeten und [illegible] Satelliten durchaus nur Kugelgestalten. Die Kometen [illegible], die durch ihre groſse Anzahl die eigentliche Bevölkerung [illegible] Sonnenstaates bilden, weichen beinahe alle von dieser [illegible] ab und nehmen, oft selbst einer und derselbe bei ver[illegible] Erscheinungen, die mannigfaltigsten Gestalten an. [illegible] darin kommen alle diese Himmelskörper überein, daſs [illegible] sämmtlich um einen ihnen allen gemeinschaftlichen [illegible]körper, und zwar nach einem und demselben Gesetze, [illegible]. So weit wir die Natur und den unerschöpflichen [illegible] ihres Bildungstriebes kennen, wird es uns erlaubt [illegible], andere Formen und Einrichtungen, als die in dieser [illegible] Umgebung bemerkten, jenseit der Grenzen unseres [illegible]systems in den unendlichen Räumen des Weltalls zu ver[illegible], und diese Vermuthungen sind auch durch die Kraft [illegible] Fernröhre bereits bestätigt worden.

Hierher gehören zuerst die *Nebelflecke* und *Sternhaufen* [illegible] ihren mannigfaltigen Gestalten. Mehreres über die Formen [illegible] ist bereits oben[1] gesagt worden, daher wir hier nur [illegible] noch übrigen nothwendigen Bemerkungen nachzutragen [illegible][2].

---

1 S. Art. *Nebelflecke*. Bd. VII. S. 53.

2 Die ältesten Verzeichnisse derselben, die des älteren Herschel, [illegible] den Philos. Transact. für die Jahre 1786, 1789 und 1802 enthal[illegible]. Aus ihnen hat Bode in seinen Berl. Jahrbüchern für 1791 und [illegible] wie J. W. Pfaff in seinem Werke: Schriften Herschel's, [illegible] 1826, Uebersetzungen, Auszüge und Kataloge geliefert. Der [illegible] Herschel hat erst in den letzten Jahren die meisten dieser [illegible] revidirt und nach seinen eigenen Beobachtungen ein Ver[illegible] von 2396 Nebeln und Sterngruppen in den Phil. Transact. für [illegible] mitgetheilt. Ein anderes, älteres, immer noch schätzbares Ver[illegible] ist das von Messier in der Conn. des temps für 1783 und [illegible] in den Mém. de l'Acad. de Paris 1771. Ein neues, umfas[illegible] Verzeichniſs dieser Gegenstände hat der jüngere Herschel zu-

Wenn man die hiervon verfafsten Kataloge näher be so bemerkt man, dafs einige weitverbreitete Gegenden d mels besonders reich an diesen Gegenständen sind. G lich trifft man sie in ganzen grofsen Lagern neben geschichtet, und man kann selbst sagen, dafs die meis selben eine Art Zone bilden, die in der Gestalt eines Kreises, fast wie unsere Milchstrafse, über den ganzen zieht. Diese Nebelzone durchschneidet die Milchstrafse unter rechten Winkeln und geht auch in der Nähe den Nachtgleichenpuncte durch die Ekliptik. Besonde findet man sie in dieser Zone bei den Sternbildern de frau, des grofsen Bären und des Haupthaars der Berenic von diesen merkwürdigen Gegenständen des Himmels la durch unsere Fernröhre in die einzelnen Sterne, aus we daher bestehn, auflösen, und diese sind daher die eig *Sternhaufen* oder *Sterngruppen*. Bei andern aber geli ses, auch für unsere besten Fernröhre, nicht, und w sie daher für blofse Lichtanhäufungen, für lichte Mass bezeichnen sie durch den Namen der *Nebel* oder *Ne* Doch kann es auch seyn, dafs viele der letzten doch n gruppen, gleich jenen ersten, sind, die aber entweder von uns entfernt sind oder in welchen die einzelnen S gedrängt stehn, als dafs sie auch unser bestbewaffnet noch unterscheiden könnte.

Was nun zuerst die von uns als solche erkannte *gruppen* betrifft, so erkennt man mehrere derselben s freien Augen. Hierher gehört die bekannte Gruppe Haupthaar der Berenice Rectascension A = 177° 30′, nation D = 26° 0′; die sogenannte *Krippe* im Krebs A = D = 20° 30′; der Sternhaufen im Schwertgriff des A = 31° 30′, D = 56° 22′ und die (unter dem Na *Gluckhenne* bekannten) Pleiaden am Hals des Stiers A = D = 23° 30′.

Viel gröfser ist aber die Anzahl der bisher bekan *leskopischen Sterngruppen*. Bei weitem die meisten d zeichnen sich durch eine oft ganz genau kugelförmige aus, und die Sterne, aus welchen sie zusammengese

---

gesagt, der durch seine lichtstarken Spiegelteleskope vor allen ist, Beobachtungen dieser Art zu sammeln.

scheinen beinahe durchaus von gleicher Gröfse, nur zuweilen sieht man einen oder einige etwas gröfsere Sterne, aber dann immer nur in der Mitte der Gruppe. Die Anzahl der Sterne, welche sie bestehn, ist oft aufserordentlich grofs, so dafs ein eigentliches Zählen derselben nicht weiter zu denken ist. Nach den älteren HERSCHEL findet man oft zehn und mehr tausend Sterne auf einen Raum des Himmels zusammengedrängt, der kaum den vierten Theil der Oberfläche des Vollmondes beträgt. Gegen die Mitte nehmen besonders jene kreisförmigen Gruppen immer an Helle auffallend zu, und dieses ist nicht blofs eine optische Täuschung, sondern rührt, wie die Fernröhre zeigen, von einem wahren Näherrücken der einzelnen Sterne gegen die Mitte der Gruppe her. Welches auch die Wesenheit dieser wunderbaren Himmelskörper seyn mag, ihre Kugelform, die auffallende Symmetrie ihres innern Baues und die scharfe Begrenzung derselben zeugt von Einheit des Ganzen und von einer bestimmten, in sich selbst abgeschlossenen Natur dieser Aggregate von Sonnen, die durch die Kraft gegenseitigen Attractionen durchdrungen und von einem gemeinsamen Bande des Zusammenhangs umschlungen zu seyn scheinen.

Um den Lesern eine Ansicht dieser Gruppen zu geben, fügen wir hier folgende Abbildungen mit:

1 die *Pleiaden* am Halse des Stiers. Diese Gruppe befindet auf dem Raum eines Kreises von einem Grad im Halbmesser aus einem Stern der IV., aus sechs der V., aus fünf der VI., und aus zweiunddreifsig Sternen der VIIten Gröfse, mit vielen anderen noch kleineren. Fig. 123.

2 ist eine andere, schon mit freiem Auge erkennbare, sternreiche Gegend im Stier, wo die Sterne β und ζ in den Spitzen der beiden Hörner des Stiers stehen. Fig. 124.

3 die erwähnte Gruppe im Nacken des Krebses. Fig. 125.

4 das Regengestirn oder die *Hyaden* auf der Stirn des Stiers. Fig. 126.

5 eine sehr sternreiche Gegend bei dem Stern Wega in der Leier, der sogenannten *Lucida Lyrae*. Fig. 127.

6 die Umgegend des grofsen wunderbaren Nebels im Orion, von dem wir weiter unten reden werden. Fig. 128.

Von den genannten Gruppen kann man die gröfsern Sterne

wenigstens mit freien Augen oder doch mit sehr mi
gen Fernröhren sehn. Die beiden folgenden bedürf
bessere Teleskope.

Fig. 129. Nr. 7 ist eine schöne, an ihren äufsersten Grenzen
abgerundete, in ihrem mittleren helleren Theile
nahe kreisförmige Gruppe, deren Beleuchtung gegen
hin schnell zunimmt und um deren Mittelpunct
dicht gedrängten Sterne nicht mehr von einande
werden können. Der Durchmesser des Ganzen b
Minuten und der hellste Theil ist nahe das Drittel
zen. Diese Gruppe steht im Sternbilde der W
A = 227° 30′ und D = 2° 44′.

Fig. 130. Nr. 8 ist eine schöne, kreisrunde und durch gute
bis in die Nähe des Centrums auflösbare Gruppe.
Mitte ist sie sehr hell und gleichsam flammend, ob
die Sterne nicht dichter stehn, als gegen den Ra
Anblick dieser Sterngruppe gleicht, nach Hersch
druck, dem eines Haufens Goldsand. Der mittle
Theil des Ganzen beträgt sechs Secunden im Du
Sie steht im Sternbilde des Wassermanns unter A =
und D = 1° 34′ südl.

Es mögen hier noch einige andere der vorzüglich
stens schon mit mäfsigen Fernröhren gut erkennba
gruppen folgen.

A = 196° 0′, D = 19° 4′ zwischen Bootes und der
schön rund, in der Mitte stark gedrängt und seh
Rande etwas ausgezackt. Durchmesser nahe 5 Mi

A = 203° 30′, D = 29° 14′ in den Hinterfüfsen des
Jagdhundes. Schöne runde Gruppe von 6 Min.
ser, die wenigstens tausend Sterne der XIten Gröfse
unter enthält. Aus dem hellen Mittelpuncte schein
sam Lichtstrahlen auszutreten.

A = 209° 30′, D = 29° 20′ im Bootes, grofs un
Sternen, 10 Min. Durchmesser. Die Sterne sin
XIIten bis XVIIIten Gröfse und die Gruppe hat
gentlichen Lichtkern. Ihre Mitte, wo die Ste
mein gedrängt stehn, ist selbst für starke Fernrö
lösbar.

A = 248° 45′, D = 36° 48′ zwischen ζ und η im Her

...che Gruppe von unregelmäfsiger Gestalt, der obigen Fig. ... sehr ähnlich. Die Sterne der Xten bis XVten Gröfse ... sehr dicht. Durchmesser des ganzen Bildes 8 Mi...

...° 45′, D = 18° 58′ südlich, im Ophiuchus. Eine grofse ... von 60 bis 80 Sternen, die gröfstentheils in regel... krummen Linien liegen.

...° 30′, D = 24° 1′ südlich, im Schützen. Eine schöne ...förmige Gruppe, allmälig heller gegen die Mitte, aber ... eigentlichen Kern. Die Sterne derselben sind der XIIten ... IXten Gröfse und scheinen durchaus gleich vertheilt zu ... Die Grenze des Ganzen ist verwaschen.

...° 45′, D = 6° 28′ südlich im Sobieski'schen Schild, ... schöne, aber unregelmäfsige Gruppe von nahe 12 Min. ...messer. Die Sterne sind beinahe alle der XIIten Gröfse, ... einem helleren der IXten Gröfse in der Mitte. Das ... Bild scheint in 5 oder 6 Gruppen gesondert zu seyn.

...° 30′, D = 29° 53′ zwischen Schwan und Leier. Eine ... gedrängte Gruppe, die nahe die Gestalt eines Dreiecks ... Gröfster Durchmesser 3 Min.

...° 30′, D = 21° 26′, zwischen Pegasus und Delphin, ... hell, unregelmäfsig abgerundet, in der Mitte gleich... eine wulstige Erhöhung, aus der Lichtstreifen gegen die ... zu gehn scheinen.

...° 0′, D = 55° 46′ in der Cassiopeia, eine schöne, ..., runde Gruppe von 15 Min. Durchmesser, reich an ... gedrängten Sternen der Xten bis XVIIIten Gröfse.

Mehrere Sterngruppen haben einen gröfseren, gewöhnlich ...eichnet gefärbten Stern in ihrer Mitte. Dahin gehören

...° 30′, D = 56° 22′ im Perseus mit einem rothen Stern ... Mitte.

...° 0′, D = 39° 9′ im Fuhrmann mit einem orangefar... Stern.

...° 15′, D = 50° 50′ im Schwan, mit einem röthlichen ...

...° 30′, D = 52° 55′ im Schwan. Ein sehr merkwür... Gegenstand, nämlich ein ovaler Ring, der von sehr ..., kleinen und dicht gedrängten Sternen gebildet wird.

In der Mitte dieses Ringes steht ein Stern 1Xter G
rother Farbe.

Die folgenden Gruppen haben einen Doppelstern
Mitte:

A = 37° 45′, D = 42° 3′ im Perseus,
A = 74° 15′, D = 37° 9′ im Fuhrmann,
A = 100° 45′, D = 0° 39′ im Einhorn,
A = 299° 45′, D = 35° 18′ im Schwan,
A = 357° 0′, D = 60° 15′ im Cepheus u.

Nebst den oben erwähnten dreieckigen Gruppen
auch eine viereckige in A = 290° 45′, D = 19° 55′
die 3 Min. lang und 2 Min. breit ist. In A =
D = 59° 39′ endlich sieht man eine andere helle G
aus zwei geraden nahe parallelen Linien von dicht a
gestellten Sternen besteht, zwischen welchen mehr
kleinere ausgestreut sind.

Wir gehen nun zu der zweiten Gattung dieser
den eigentlichen *Nebelmassen* des Himmels, über.
was bereits oben[1] über diesen noch sehr wenig beka
genstand gesagt worden ist, setzen wir zuerst di
That ungeheuere Ausdehnung hinzu, welche manche
einer feinen, lichten Nebelmasse bedeckte Gegenden
mels haben. Herschel fand solche Nebelflecke, de
fläche bis acht Quadratgrade am Himmel umfafst. N
die Entfernung einer solchen Lichtwolke auch nur g
Sternweite (oder gleich vier Billionen geogr. Meile
mufs der wahre Durchmesser dieser Wolke schon gege
Millionen Meilen betragen, also 500mal gröfser seyn
Umfang der ganzen Uranusbahn, deren Durchmesser
Meilen beträgt. Allein diese grofsen, weitverbreite
sind meistens sehr schwach und düster, nur durch
sten Teleskope zu erkennen, in allen ihren Theilen n
stark gefärbt und in ihren Grenzen endlich sehr ve
Die meisten anderen Nebel haben einen oder auch
hellere Theile und sind gewöhnlich viel kleiner, al
sten. Meistens ist dieser hellere Theil kreisrund,
wenn er zugleich sehr licht ist. Diese *Kernnebel*,

1 S. Art. *Nebelflecke*. Bd. VII. S. 53.

nennen könnte, trifft man selten allein, sondern gewöhnlich in ganzen Gruppen am Himmel an, gleichsam als ob sie den weitverbreiteten Nebeln der ersten Art durch Zerreißung oder durch theilweise Verdichtung des ersten Nebelstoffes entstanden wären. Solche Lager von kleineren Nebeln sieht man in der Berenice, im grofsen Bären, in der Andromeda u. s. w.

Die meisten dieser isolirten Nebel sind kreisrund oder elliptisch gestaltet, und ihr Licht nimmt gewöhnlich gegen die Mitte schnell an Lebhaftigkeit zu. Solche kreisförmige Nebel sind z. B.:

α 19° 0′, D = 8° 39′ in den Fischen, Durchmesser 1 Min.,

α 167° 30′, D = 13° 0′ im grofsen Löwen, mit einem runden hellen Kern;

α 175° 45′, D = 45° 4′ scharf begrenzt und licht, mit einem Durchmesser von 3 Min.;

α 257° 15′, D = 18° 20′ südl. von 4 Min. Durchmesser, im Schlangenträger;

α 271° 0′, D = 6° 49′ eine schöne, helle, scharf begrenzte Scheibe von 8 Min. Durchmesser im Schlangenträger, schon im Zwielichte durch bessere Fernrohre sichtbar.

Die folgenden sind elliptisch geformt:

α 81° 0′, D = 21° 53′ im Stier, 4 Min. lang und 3 Min. breit;

α 127° 45′, D = 50° 49′ im grofsen Bären, 30 Sec. lang und 20 Sec. breit, in der Mitte sehr hell;

α 145° 15′, D = 69° 52′ im grofsen Bären, gegen die Mitte sehr hell, und mit 3 bis 4 Min. langen Strahlen, die vom Centrum des Nebels ausgehn;

α 337° 15′, D = 33° 31′ im Pegasus, 90 Sec. lang und 60 Sec. breit, gegen die Mitte heller.

Oft sieht man auch *Doppelnebel* oder zwei einander nicht bis zur Berührung oder Ineinanderfliefsung nahe stehende Nebel, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist. Solche sind: Fig. 131. u. 132.

α 108° 45′, D = 29° 49′ in den Zwillingen, zwei sich berührende runde Nebel, die beide beinahe sternartig

A = 178° 15′, D = 17° 55′ südlich, im Becher, zwe
ander fliefsende Nebel, beide in der Mitte heller;

A = 187° 0′, D = 12° 8′ in der Berenice, ein seh
Doppelnebel. Beide sind rund und hell. Ihre Du
betragen 45 und 60 Sec.

Hierher gehören auch die sogenannten *planetarisch*
kreisrund, scharf begrenzt und durchaus in allen ih
len von demselben Lichte beleuchtet, so dafs sie
wie die vorhergehenden, gegen die Mitte an Helligk
men. Die Oberfläche derselben scheint mit einem le
pigen, flockigen Lichte überzogen. Wenn sie, wie
bezweifeln läfst, selbstleuchtende Körper sind, so
Glanz ihres Lichtes weit unter dem unserer Son
Vielleicht ist ihr Licht von einer ganz andern Art,
phosphorescirend; vielleicht bestehn sie selbst nur a
durchsichtigen, mit Gasarten gefüllten Kugelschalen;
ziehn sie endlich durch ihre ungeheure Masse ihr eig
mit einer solchen Kraft an sich, dafs dasselbe nicht
und ungehindert ausströmen kann, wie sie denn, s
sie auch nur eine Sternweite (4 Bill. Meilen) von u
wären, schon die Bahn des Uranus an Umfang übertr
den. Die Gestalt eines solchen planetarischen Nebel
Fig. 133. licht die Zeichnung. Einige der vorzüglichsten sind

A = 113° 30′, D = 14° 20′ südlich im Einhorn
im Durchmesser, mit einem feinen Sternchen
puncte;

A = 224° 45′, D = 19° 6′ ein planetarischer Neb
tes von ganz ungewöhnlicher Gröfse. Sein Di
volle sechs Minuten. Das ganze Bild scheint mit
sternartigem Lichte zu scintilliren, und der kugelf
bel selbst ist in einiger Entfernung von seinem
einem concentrischen feinen Nebelring umgeben;

A = 271° 0′, D = 6° 49′ sehr grofs und scharf beg
8 Min. im Durchmesser, mit einem gleichförmige
chen Lichte überzogen, im Sternbilde des Ophiu

A = 302° 15′, D = 30° 2′ im Schwan, einer d
planetarischen Nebel, von 15 Min. Durchmesser;
der Mitte etwas dunkler scheint, so ist er vielleich
förmiger Körper;

=313° 45′, D = 12° 2′ südlich im Wassermann; Durch-
sser 5 Minuten.

Eine eigene Classe dieser räthselhaften Himmelskörper wird
den sogenannten *Sternnebeln* gebildet, nämlich von ei-
lichen Fixsternen, die aber von Nebeln auf eine Art um-
sind, daſs beide sehr wahrscheinlich zusammen gehören.
sind vielleicht in ihrer Ausbildung schon weiter vorgerückte
, in welchen sich die früher noch matte und weit-
Lichtmasse der Mitte zu einem concentrirten Licht-
zu einem eigentlichen Fixsterne aufgehellt hat.

°45′, D = 21° 15′ in den Zwillingen. Ein Stern der Fig. 134.
Gröſse, genau in der Mitte eines kreisrunden lichten
von 25 Sec. Diameter. Ein ähnlicher ist A = 184°0′,
=5°53′ in der Jungfrau, dessen heller Nebel schon im
sichtbar ist.

°30′, D = 26° 26′ in den Zwillingen; ein Stern mit Fig. 135.
groſsen, unregelmäſsig ovalen Atmosphäre.

°45′, D = 14° 32′ im groſsen Löwen. Ein Stern in Fig. 136.
Mitte eines elliptischen, an seinem Ende sehr zugespitz-
Nebels.

°30′, D = 8° 53′ im Einhorn, ein Stern der XIIten Gröſse, Fig. 137.
einem lichten Nebelschweif von 1 Minute Länge, dem
Kometen ähnlich.

sieht man auch zwei und mehr solche Sterne in eine
zu ihnen gehörende Nebelmasse eingehüllt, die z. B.
beiden Brennpuncten oder in den beiden Scheitelpunc-
elliptischen Nebels stehen, wie die Zeichnung sie dar-

der letzten ist z. B. in A = 192° 45′, D = 35° 47′ in den Fig. 138.
Hunden, wo die beiden Sterne von der Xten Gröſse sind.
sieht man einen Stern der XIten Gröſse mit einem Fig. 139.
, fächerartig ausgebreiteten Nebel, unter A = 131° 45′,
=54° 25′ im groſsen Bären.

ist in A = 181° 45′, D = 14° 6′ im groſsen Löwen ein Fig. 140.
heller spindelartiger Nebel, in dessen Mitte ein feiner
stern steht. In A = 187° 0′, D = 26° 56′ in der Berenice Fig. 141.
man zwei solche spindelartige parallel stehende Nebel.

ürdiger noch ist der Nebel in A = 268° 0′, D = 23° 1′ Fig. 142.
im Schützen, der gabelförmig dreigespalten erscheint,

und in dessen dreiarmigem dunklem Zwischenraum
pelstern steht.

Fig. 143. In A = 33° 0′, D = 41° 34′ im Perseus sieht man eine
sehr excentrisch elliptischen Nebel von 4 Min. L
40 Sec. Breite. In der Mitte desselben ist eine conc
ebenfalls elliptische, dunkle Stelle, an deren zwei
Endpuncten zwei feine Sternchen stehen. Wahrsch
diese dunkle Stelle eine Oeffnung des Nebelrings,
schief gegen unsere Gesichtslinie liegt.

Fig. 144. Einen ähnlichen Ringnebel findet man in A = 281° 45′, D
in der Leier. Der äufsere Durchmesser des Ring
6,5 Sec., aber die innere Oeffnung ist nicht ganz s
wie der äufsere Hintergrund des Himmels, sondern s
der von einem andern aschgrauen Nebel erfüllt. D
hat das Ansehen eines über einen kreisförmigen R
spannten Schleiers. Er steht zwischen β und γ d

Fig. 145. In A = 8° 15′, D = 40° 20′ steht der allgemein bekan
Nebel der Andromeda, den man schon mit freien A
merken kann. Er wurde zuerst von Simon Mar
1612 gesehn. Seine Gestalt ist die eines Doppelk
dem die beiden Kegel mit ihren Grundflächen au
stehen. Der gröfste Durchmesser des ganzen Bil
dreifsig Minuten. Sein eigenthümliches, matt di
Licht verglich schon Marius mit dem einer Kerze,
ein dünnes Hornblatt scheint. Dieses Licht nim
den Mittelpunct, anfangs langsam, später aber s
doch ist es auch in dem Mittelpuncte selbst noch
nig, wie es denn auch, gleich so vielen ande
noch von keinem Teleskope in Sterne aufgelöst w
Zwar sieht man in ihm und um ihn mehrere zerstr
Fixsterne, aber diese scheinen nicht zu ihm zu ge
nur für uns nahe auf derselben Gesichtslinie zu st

Fig. 146. A = 200° 30′, D = 48° 5′ im grofsen Bären ist ein ru
ter Kern, der in einiger Entfernung von seinem
einem concentrischen Nebelringe umgeben ist. D
selbst ist an einer Seite doppelt oder gespalten. Ei
Vervollkommnung der Fernröhre wird uns die
stalt dieses und des nächstfolgenden merkwürdig
vielleicht näher kennen lehren.

Fig. 147. In A = 298° 0′, D = 22° 17′ im Sternbilde des Fuch

…ser eiförmiger Nebel, dessen grofse und kleine Axe sich …wie 4 zu 3 verhalten. Wenn man aus den beiden Brenn…ten dieser Ellipse, als aus Mittelpuncten, Kreise zieht, …en Durchmesser gleich einem Dritttheile der grofsen Axe …, so sind die Oberflächen dieser beiden Kreise in jenem …bel mit einem andern viel helleren und durchaus gleich…ig beleuchteten Nebel ausgefüllt, während die übrigen …le des ganzen Bildes nur in einem sehr schwachen …ter dämmern.

…verdient hier noch erwähnt zu werden der grofse merk- Fig. …ige Nebel im Orion, unter A=81° 45′, D=5° 30′ 148. …lich in der Nähe von Θ Orion, unter der Mitte des soge…n Jakobsstabes. Diesen Nebel beschrieb zuerst Huyghens …1659, spätere Zeichnungen sind von Derham, Godin, …, Legentil und Messier, und die hier mitgetheilte …m jüngeren Herschel. Dieser Nebel ist durch die …heit seines Anblicks, durch die Eigenthümlichkeit seiner …, durch die sonderbare Abwechselung des auf ihm ver…en Lichts, durch seine grofse Ausdehnung und durch …Unerklärbare seines ganzen Wesens vor allen an… ausgezeichnet. Seine Gestalt wird nicht unangemessen …der des geöffneten Rachens eines Thieres verglichen. Ein …el dieses Nebels ist ungemein hell, ein anderer sehr blafs …, und wieder ein anderer ganz dunkel bis zur völli…Schwärze. Der hellste Theil scheint nicht sowohl in …m stetigen Lichte zu glänzen, als vielmehr in bewegli…Flammen zu lodern. Die dunkelsten Stellen sind von den …n ohne Abstufung getrennt. Auch die in ihm und um …stehenden Fixsterne zeichnen sich durch einen besonders …n Glanz aus, und die Stellung der meisten scheint eine …dere Beziehung zu dem Nebel selbst zu haben. In den …sten Theilen desselben sieht man jetzt einige sehr …Sternchen, die höchst wahrscheinlich früher nicht da …en sind. Auch beobachtete Schroeter in diesem Nebel …dalische Lichtkörper, die schon nach einigen Tagen …r verschwunden sind. Welche Veränderungen müssen …ser ungeheuren Nebelmasse vor sich gehn, da sie uns …ser so gewaltigen Entfernung noch so bedeutend er…en.

F. Doppelsterne.

Nebst den Sterngruppen und Nebelmassen, die w
vorhergehenden Abschnitte betrachtet haben, giebt
eine andere Gattung von Himmelskörpern, die wir
einigen Jahrzehnten näher kennen gelernt haben, un
sere Aufmerksamkeit in einem besonders hohen Grad
gen geeignet sind: die *doppelten und vielfachen St*
fügen auch hier das Neueste zu dem, was bereits o
diesen Gegenstand gesagt worden ist.

Die ungemein grofse Anzahl dieser Sterne mac
fserst unwahrscheinlich, dafs sie uns nur so nahe stehen
nen, weil sie auf derselben Gesichtslinie, aber viel
weit hinter einander, stehn; dazu kommt aber noch,
beinahe bei allen eine Bewegung des einen Sterne
andern bemerkt hat, so dafs man also an dem Zusamm
derselben zu einem gemeinschaftlichen System nic
zweifeln kann. Die Doppelsterne sind also keine blo
schen Erscheinungen, sondern sind wahrhaft physisc
Fig. 149. Gewöhnlich ist der eine, der Centralstern, viel gröf
Fig. 150. andere, wie z. B. bei Rigel im Orion oder bei dem
oft sind aber auch beide sehr nahe gleich grofs, wie
in den Zwillingen oder bei γ Jungfrau. Ihre Dist
ebenfalls sehr verschieden. So ist bei den sechs in
letzten Figuren verzeichneten

für Kastor die	Distanz	5	Secunden
– γ Jungfrau	—	3	—
– ζ grofse Bär	—	14	—
– Rigel im Orion	—	9	—
– γ Widder	—	10	—
– Polarstern	—	19	—

Obschon die Doppelsterne bei weitem unter den
die zahlreichsten sind, so bemerkt man doch auch meh
fache Sterne, die ebenfalls ein gemeinschaftliches Sys
einander bilden[2].

Ein solcher dreifacher Stern ist z. B. im Orion A=

---

1 S. Art. *Fixsterne*. Bd. IV. S. 336.

2 Struve führt in seinem Werke: Mensurae stellarum
Petersb. 1837, unter 2787 vielfachen Sternen 64 dreifache, 3
und einen fünffachen an.

…44°15′, von denen zwei der VIIten und der dritte der …Größe ist. Andere sieht man in Sternbilde des Luchses …7°30′, D=59°37′, bei ζ Krebs, ξ Waage, ψ Cassiopeia, …hern, ψ Waage u. s. w.

…Unter den vierfachen Sternen ist Θ Orion ausgezeichnet. …ht nahe in dem dunkelsten Theile des merkwürdigen …s Orion, und die vier Sterne desselben bilden ein …ßiges Viereck. Obschon dieser schöne Gegenstand schon …ger Zeit von den Astronomen mit den besten Fern… …beobachtet worden ist, so entdeckte doch Struve im J. …in diesem Viereck noch einen kleinen fünften Stern, der …so hell geworden ist, dafs ihn jetzt jeder mit einem …Fernrohre versehene Beobachter ohne Anstand sehn kann. …ist daher, dafs dieser *neue* Stern erst in den letzten Zei…stunden und dafs er seitdem im Wachsen begriffen ist. …1830 fand J. South oder Lamond in derselben Ge…noch einen neuen, bisher nicht bemerkten kleinen Stern.

…von den Doppelsternen, wie gesagt, der eine sich um …dern bewegt, so kann es sich ereignen, dafs auch, für …Stellung gegen dieselben, der eine genau vor dem andern …geht, oder dafs uns ein Stern von einem andern bedeckt …Wenn nämlich die Bahn des beweglichen Sternes, die …ihren Centralstern beschreibt, sehr schief gegen unsere …Sphäre liegt, so wird der bewegliche Stern uns in einer …durch den Centralstern gehenden, Linie sich zu bewe…gen scheinen. Dieses ist der Fall mit dem Doppelstern τ im …Bären A=268°15′, D=8°10′ südlich. Der ältere Her… …sah ihn im J. 1781 noch als einen obschon bereits sehr …Doppelstern, aber sein Sohn und auch Struve sahen ihn …1828 nur noch einfach. Nach einiger Zeit wird er uns …Zweifel wieder doppelt erscheinen. Der Doppelstern …im Gegentheile wurde von dem älteren Herschel ge…Jahr 1785 als ein einfacher Stern beobachtet, während …jetzt doppelt sehen. Dasselbe ist der Fall mit ζ Her… …Cygni und γ Jungfrau, die früher einfach waren und …doppelt gesehn werden.

Berechnung der Bahnen der Doppelsterne.

…vorzüglich interessant würde die nähere Kenntnifs der …an dieser Doppelsterne seyn, und es sind auch bereits

mehrere Versuche zu diesem Zwecke mit verschiedenen gemacht werden. Es ist wohl für sich klar, dafs d stimmungen grofsen Schwierigkeiten unterworfen sind, schon bei den Planeten unseres Sonnensystems den As so viel Mühe gemacht haben, und da dort noch zwei hinzukommen, die nur sehr schwer mit einiger Genau erhalten sind, nämlich erstens die *Entfernung* des Sys Doppelsterns von uns, und zweitens die *Masse* oder, selbe ist, die *Charakteristik* des Systems, von der w oben (Abtheilung D) gesprochen haben. Der erste, Versuch dieser Art machte, war Savary, welcher ein Methode[1] mitgetheilt und dieselbe auch sogleich auf d pelstern ξ Ursae majoris angewendet hat. Dieselbe Au handelte Encke[2] auf einem anderen Wege, und er wen Methode auf den Doppelstern p Ophiuchi an. Im Ja schlug der jüngere Herschel[3] ein sinnreiches, aber phisches Verfahren vor, das jetzt, wo dieser Gegenstan noch gleichsam in seiner Kindheit liegt, sehr nützlic vielen Fällen sehr angemessen erscheint, das aber wenn unsere Kenntnisse einmal weiter vorgerückt sey der eigentlich strengen Berechnung der Beobachtung nachgesetzt werden müssen. Endlich hat auch Mädl wichtigen Gegenstand seiner gewünschten Ausbildung bringen gesucht, welchem wir in dem, was über di mungen dieser Bahnen gesagt wird, hier folgen wolle

Ehe man an die Bahnbestimmungen der Doppelst sollte die Frage beantwortet werden, welches *Attract* diesen Bestimmungen zu Grunde zu legen ist? Wi bisher in der Natur nur ein einziges dieser Gesetze, ton'sche Gesetz der Attraction, nach welchem jeder K anderen im Verhältnifs seiner Masse und verkehrt Quadrat der Entfernung anzieht. Die volle und abso tigkeit dieses Gesetzes für alle Körper unseres Sonn steht fest und ist über allen weiteren Zweifel erhaben.

---

1 Connaissance des Temps. 1822 u. 1830.

2 Berliner astron. Jahrbuch. 1832.

3 Mem. of the astron. Soc. T. V.

4 S. Astronomische Nachrichten. Bd. XVI. und Schumach buch für 1839. Stuttg. 1839. S. 57.

nensysteme, auch für jene doppelten
der mit andern Worten: Ist das ge-
inzigen Grundkraft unterworfen, oder
verschiedene Grundkräfte, denen die
les Weltalls unterworfen sind? Ist
ses harmonisches Ganze, oder ist es
er sich verschiedenen Systemen, grofs
in jedem seiner einzelnen Theile, die
mes Band unter einander verkettet
giebt es mehrere Welten, oder be-

t auf diese Frage der späteren Nachwelt
ahrscheinlich nie vollständig gegeben
n menschlichen Geiste nicht gegönnt
ndliche des Universums zu umfassen.
ten und natürlichsten, zuerst zu ver-
en der Doppelsterne vielleicht dem-
ze unterworfen sind, dem alle Kör-
bis zu dem entferntesten Kometen
diese Voraussetzung bestätigen, so ist
Problems, nämlich für die Bahnbe-
, schon viel gewonnen.
tzung müssen also folgende drei Be-

umlaufenden Sterns mufs in gleichen
ume zurücklegen. Diese Bedingung
nahme, dafs der stillstehende Körper,
dere bewegt, auf diesen anderen eine
ausübt, welches auch die nähere
iese Kraft wirkt, ob sie z. B. ver-
der wie der Würfel u. s. w. der Ent-

nden Körpers mufs ein Kegelschnitt
von dem festen Körper (oder eigent-
aftlichen Schwerpuncte beider Kör-

ict der anziehenden Masse des Central-
der Umlaufszeit des bewegten Kör-
Würfel der Entfernung beider Kör-

per eine constante Gröfse seyn, wie aus dem folgt, (Abtheilung D) über die Charakteristik des Sonn gesagt worden ist. Die letzte Bedingung kann aus obachtungen nur dann abgeleitet oder geprüft werd zwei oder mehrere Begleiter sich um einen Central wegen. Bei der zweiten Bedingung mufs noch bem den, dafs in einer projicirt (von der Seite) gesehe der ruhende Stern nicht mehr im Brennpuncte des gesehenen) Kegelschnittes liegen wird, während Bedingung auch für schief gegen uns liegende Ba verändert gilt.

Ist also die Bahn des Doppelsterns ein Kegelsc hat man eben die sechs Elemente, wie bei den Planet zu bestimmen, nämlich:

I. die Umlaufszeit oder statt derselben die (ihr tende) mittlere jährliche Bewegung;
II. die Excentricität;
III. den Ort des Knotens der Bahn;
IV. die Neigung dieser Bahn;
V. den Ort des Periheliums;
VI. die Epoche des Periheliums.

Dabei ist aber folgendes zu bemerken. Bei der Be einer Planeten- oder Kometenbahn unseres Sonnens mit dem ersten Elemente (oder der Umlaufszeit) t a die halbe grofse Axe a der Bahn bestimmt. Bezeichne m die Masse der Sonne und π die bekannte Ludolph 3,14159..., so hat man für alle Körper unseres Sonn (nach dem in (D) gesagten) die Gleichung

$$\frac{a^3}{t^2} = \frac{m}{4\pi^2},$$

so dafs also, da m bekannt ist, mit der Umlaufsz schon die Gröfse a gegeben wird. Nicht so bei den der Doppelsterne. Da man hier die Masse des Ce noch nicht kennt, so bilden die beiden Gröfsen t u zwei besondere Elemente, deren jedes für sich bestim den mufs. Wir haben daher nebst jenen sechs Elemen ein VIIte s, nämlich die grofse Axe der Bahn des Körpers, zu bestimmen, und zwar kann diese grofse lange wir den Abstand dieser Sterne von uns (von oder von der Sonne) nicht kennen, nicht in irge

als ein Winkel oder als der Bogen
nden werden, unter welchem Bogen
xe der Bahn erscheint. Die lineare
n wir nur dann angeben, wenn uns
nsystems, oder mit andern Worten,
des Centralsterns bekannt seyn wird.
e Parallaxe einstweilen bei Seite, so
ergehenden, sieben Elemente zu be-
o auch vier vollständige Beobachtun-
nz der beiden Sterne und einen Po-
n Sterns enthält) hinreichen, diese
lementen vollständig zu bestimmen.
r sieben Data aus den Beobachtungen,
istanzen, oder sieben Positionswinkel,
er Positionswinkeln u. s. w. Allein
ewählten Angaben wird man immer
rechenden Kegelschnitt ableiten kön-
diese sieben so bezeichneten Puncte
gar wohl auch einem andern Kegel-
, wenn nämlich das vorausgesetzte
etz nicht gültig seyn sollte, so dafs
ch erst bei den Doppelsternen nach-
ch wieder eigentlich acht Beobach-
nd. Allein gewöhnlich wird man
olche Data durch die Beobachtungen
werden diese überzähligen Data sehr
Bestätigung und selbst zur weitern
echnung dieser Bahnbestimmung ab-

fs nämlich die Kraft des ruhenden
tralkraft ist, wird sich sehr leicht
lassen. Kennt man für irgend eine
iden Sterne und die jährliche Aen-
inkels p, und bezeichnen für eine
lich entfernte Zeit r′ und $\partial p'$ ähnli-
diese Gröfsen der Gleichung ent-

$$p = r'^2 . \partial p',$$

att haben soll.
Uebersicht von dem Verfahren einer

Fig. 151. solchen Bahnbestimmung zu geben, sey S der Centr
s s′ s″ s‴ der bewegliche Stern in den vier Beoba
ten. Man kennt also die vier Distanzen Ss, Ss′, Ss″
so wie die drei Winkel, welche diese Distanzen un
ihrem gemeinschaftlichen Durchschnittspuncte S bil
den drei Zwischenzeiten dieser vier Beobachtungen.
man die vier Orte des bewegten Sterns durch ge
ss′, s′s″ und s″s‴, so erhält man drei geradlinig
in deren jedem man zwei Seiten mit dem von ih
schlossenen Winkel kennt. Man wird also die Flä
drei Dreiecke berechnen können, und es wird sich
handeln, diesen Dreiecken ihre elliptischen Segme
a′s′b′s″, a″s″b″s‴ so hinzuzufügen, dafs die
Sectoren ss′S, s′s″S, s″s‴S den Zwischenzeiten de
tungen genau proportional sind und für alle vier
selben Projectionsellipse angehören. Die Gleichunge
diese Bedingungen ausdrücken und denen man
Rechnung Genüge thun mufs, sind aber transcendent
rect nicht auflösbar), daher man nothwendig mehre
anstellen mufs, um diesen Zweck zu erreichen.
also eines der acht Beobachtungsdaten oder auch ei
Zwischenzeiten so lange abändern, bis jene Bedingun
gen vollkommen erfüllt sind und die gefundene E
Beobachtungen gehörig entspricht.

Die so erhaltene Ellipse ist nur die *scheinbare*
wahre, in welcher letztern der Stern um seinen Ce
in der That einhergeht. Wir beziehen nämlich die
ten Orte des beweglichen Sterns alle auf eine Ebe
die Himmelskugel in demjenigen Puncte berührt, de
tralstern an derselben einnimmt, und in dieser Eben
auch die scheinbare Ellipse des Sterns, während die
gen diese Ebene unter irgend einem Winkel geneigt
aber klar, dafs die Mittelpuncte dieser beiden Ellipsen
fallen und beide in jener Ebene liegen, und dafs
bare Ellipse die Projection der wahren Ellipse in j
ist. Bekanntlich ist nämlich die Projection (nich
Kreises, sondern auch) der Ellipse wieder eine Ellips
Projection des Brennpunctes der wahren Ellipse fal
den Brennpunct der scheinbaren (wie dieses wohl mi
telpuncten dieser zwei Ellipsen der Fall ist), und da

psen ist ebenfalls für beide Cur-
girende Ebene beziehn sich dann
oten und *Neigung* der wahren
liptik, wie bei den Planeten).
stimmung des Knotens eine (bei
Zweideutigkeit. Da wir näm-
en nicht entscheiden können, in
Bahn der Nebenstern uns näher
kann der gefundene Knoten so-
steigende seyn, und man findet
ie in Bezug auf jene, das Him-
dieselben Knotenlinien und auch
Neigungen haben.

asse oder der Parallaxe
pelsterne.

' die Sonnenmasse, durch a' die
nbahn, und durch t' die Um-
e Sonne, so hat man nach dem,
teristik des Planetensystems ge-

$$\pi^2 \cdot \frac{a'^3}{t'^2},$$

'sche Zahl ausdrückt. Sind für
s m, a und t gleichbedeutende
se des Centralsterns, gegen wel-
s sehr klein angenommen wird,
hn des Nebensterns und t seine
n), so ist ebenso

$$\pi^2 \cdot \frac{a^3}{t^2}.$$

rücke giebt

$$\frac{a^3 t'^2}{a'^3 t^2}.$$

des Erdbahnhalbmessers, t in
n Theilen der Sonnenmasse aus-
rten, wird von den Grösen a', t'
hrer Art angenommen), so geht
gende über:

$$a^3 = m.t^2 \ldots . (1.).$$

Fig. 152. Es bezeichne nun S′ die Sonne und T′ die Er Central- und s′ den Nebenstern, und sS′ = x die des Centralsterns von der Sonne. Die halben gr der Bahnen der Erde und des Nebensterns wollen zuvor, durch a′ und a ausdrücken, so dafs also S′ s s′ = a ist. Dieses vorausgesetzt ist also auch S′s T′ = π die Parallaxe des Hauptsterns und sS halbe grofse Axe der Bahn des Nebensterns in Sec gröfsten Kreises des Himmels ausgedrückt, so dafs

$$\pi = \frac{a'}{x} \text{ und } \alpha = \frac{a}{x}.$$

Diese beiden Gleichungen geben, da a′ gleich der

$$a = \frac{\alpha}{\pi},$$

und wenn man diesen Ausdruck von a in der obige (1) substituirt, so erhält man

$$\pi \sqrt[3]{m} = \frac{\alpha}{\sqrt[3]{t^2}} \ldots (E).$$

Diese merkwürdige Gleichung giebt also das Parallaxe des Centralsterns in die Kubikwurzel s wenn die Umlaufszeit und die (scheinbare oder ausgedrückte) halbe grofse Axe der Bahn des Neb kannt ist.

Wir werden weiter unten die Gröfsen α und t Doppelsterne angeben. Die folgende kleine Tafel derselben zur bequemen Uebersicht zusammen.

Sterne	α	t	$\pi \sqrt[3]{m}$
α Geminor. oder Castor	7″,008	230,300 Jahre	0,18
ξ Ursae major	2″,290	60,460 —	0,14
γ Virginis . .	5″,350	157,562 —	0,18
η Coron. bor.	1″,192	43,340 —	0,09
σ Coronae . .	2″,928	199,95 —	0,08
p Ophiuchi .	4″,316	80,610 —	0,23
(3062) Struve	1″,003	84,514 —	0,05
61 Cygni . .	15″,000	540,000 —	0,22

…ent man die Masse des Centralsterns nahe von derselben …, wie die Sonnenmasse, was das einfachste ist, da wir …e Massen der Doppelsterne noch ganz ungewifs sind, so …en die Zahlen der letzten Columne die *Parallaxen* der …r Tafel erwähnten Doppelsterne. Wollte man die …s Centralsterns tausendmal kleiner nehmen, als die …nne, so würde die Parallaxe zehnmal gröfser werden, …e Tafel angiebt, so wie bei einer tausendmal gröfseren …se die Parallaxe des Sterns auf den zehnten Theil der …chen Gröfse reducirt wird. Könnte man endlich auf …einem andern Wege die Parallaxe des Doppelsterns …, so würde man auch durch die obige Gleichung (E) die …s Centralsterns in Theilen unserer Sonnenmasse bestim…nen.

…t aber viel wahrscheinlicher, dafs die Masse des Cen…r gröfser ist, als die der Sonne. In unserm Sonnen… haben die von Monden begleiteten Planeten durchaus …e gröfseren Massen, wie dieses auch, wenn man die …g, die LAPLACE von der Entstehung des Sonnensystems …n hat, annimmt, nicht wohl anders seyn kann. Darf …n diese Analogie erlauben, so wird unsere Sonne, da …n isolirter, von keiner andern Nebensonne begleiteter …körper ist, auch eine kleinere Masse haben, als die …r Doppelsterne. Man wird daher die wahren Parallaxen …r Tafel angeführten Fixterne eher kleiner als gröfser …en haben, so dafs wir uns nicht leicht Hoffnung ma…nen, eine Parallaxe zu finden, die einige Zehntheile …secunde bedeutend übertrifft. Für den Doppelstern …i haben wir oben gefunden $a = 15''$, $t = 540$ Jahre, …136, und damit giebt die Gleichung (E) $m = \frac{a^3}{\pi^3 t^2}$ oder …33 der Sonnenmasse.

…e Betrachtungen geben uns zugleich ein Mittel, uns …gemeine Vorstellung von den *Durchmessern* der Fix… machen, wie sie uns in guten Fernröhren, wenn sie Fig. …n falschen Lichte befreit werden, erscheinen müfsten. 153.
…ei S und T' der Mittelpunct der Sonne und der Erde, …Mittelpunct eines Fixsterns, und $S'P = \frac{1}{2}\delta'$, so wie …δ der scheinbare (im Winkel ausgedrückte) Halbmesser

der Sonne und des Sterns, wie beide von dem Mi
T' der Erde gesehn werden. Ist überdiefs, wie z
oder S's = x und S'T' = a' der Halbmesser der Erd
hat man

$$S'P = a' \text{Sin.} \tfrac{1}{2}\vartheta' \text{ und } sp = x \text{Sin.} \tfrac{1}{2}\vartheta,$$

also auch

$$\frac{\vartheta}{\vartheta'} = \frac{sp}{S'P} \cdot \frac{a'}{x},$$

oder da a' = 1 und nach dem Vorhergehenden x = $\frac{a'}{\pi}$

$$\frac{\vartheta}{\vartheta'} = \frac{sp}{S'P} \cdot \pi.$$

Ist dann überhaupt M die Masse, D die Dich
V das Volumen eines Körpers, so hat man die bekannte

$$M = D.V,$$

woraus folgt, dafs sich bei zwei Kugeln von gleiche
keit die Massen wie ihre Volumina, das heifst, wie
fel ihrer Halbmesser verhalten. Nimmt man also, da
Näheres wissen, die Dichte des Sterns nahe gleich
der Sonne, so ist

$$\frac{m}{m'} = \left(\frac{sp}{S'P}\right)^3,$$

und dieses in den obigen Ausdruck für $\frac{\vartheta}{\vartheta'}$ substituirt

$$\vartheta = \pi\vartheta' \cdot \sqrt[3]{\frac{m}{m'}},$$

oder da die Masse m' der Sonne gleich der Einheit

$$\vartheta = \pi\vartheta' \cdot \sqrt[3]{m} = \pi \text{Sin.} \vartheta' \cdot \sqrt[3]{m}.$$

Es ist aber der mittlere scheinbare Halbmesser
$\frac{1}{2}\vartheta' = 0°16'0'',8$, also ist auch der scheinbare Dur
des Fixsterns

$$\vartheta = 0{,}009316\,\pi\sqrt[3]{m} \ldots (F).$$

Substituirt man in dieser Gleichung die Werthe
aus der vorhergehenden Tafel, so erhält man für di
ren *Durchmesser* jener Fixsterne:

	scheinb. Durchmesser.
α Geminorum . .	0″,0017
ξ Ursae maj. . .	0,0014
γ Virginis . . .	0,0017
η Coronae bor. .	0,0009
σ Coronae bor. .	0,0008
p Ophiuchi . . .	0,0021
(3062) Struve . .	0,0005

der gröfste dieser Durchmesser noch nicht gleich dem
usendsten Theile einer Raumsecunde, so dafs wir also
lle Hoffnung aufgeben müssen, den scheinbaren Durch-
eines Fixsterns durch directe Messung je zu erhalten.
harmonirt denn auch das beobachtete plötzliche Ver-
den der Sterne hinter dem Monde oder den Planeten.
den Raum von $\frac{2}{1000}$ Secunde zu durchlaufen, braucht der
nur $\frac{1}{500}$ Zeitsecunde, so dafs also, bei der beinahe un-
chen Atmosphäre des Mondes, jene Sternverschwindungen
e Sache eines untheilbaren Augenblicks seyn können.

ier wird der Ort seyn, SAVARY's sehr sinnreiche Me-
die Parallaxe der Doppelsterne zu bestimmen, zu erwäh-
Wenn die Ebene der Bahn, die wir hier, der Kürze we-
als kreisförmig voraussetzen, auf der Gesichtslinie von der
zu dem Sterne senkrecht steht, so werden alle Puncte
Bahn nahe gleichweit von der Erde entfernt seyn.
aber umgekehrt die Ebene der Bahn nahe in diese Ge-
ade fällt, so wird der Nebenstern um den Centralkörper
ne gerade Linie zu beschreiben scheinen, in deren Mitte Fig.
ntralkörper liegt, und die Puncte mAn der der Erde T 154.
rten Hälfte der Bahn werden alle näher bei der Erde
s die entsprechenden Puncte der zweiten, von der Erde
ndeten Hälfte mBn. Nehmen wir an, der Nebenstern
sich von A nach m, B und n, so wird der Durchmes-
B die Bahn in zwei Hälften theilen: in die erste Hälfte
in welcher sich der Nebenstern von der Erde entfernt,
die zweite BnA, in welcher er sich wieder der Erde
Obschon nun in einem Kreise die Bewegung nicht
als gleichförmig sein kann, so wird er uns doch die
eOn hin und zurück mit einer veränderlichen Geschwin-
zurückzulegen scheinen. Wenn er für uns in der Mitte

O der Linie mOn erscheint, wenn er also in der Th
Puncte A oder B ist, so wird die Richtung seiner (im
grofsen) Geschwindigkeit senkrecht auf die Gesicht
stehen und daher diese Geschwindigkeit selbst am g
scheinen. Wenn er aber in den beiden Puncten m
ner Bahn ist, so wird hier für uns seine Geschwin
kleinsten sein. Allein diese Verschiedenheit seiner (bl
baren) Geschwindigkeiten wird ihn nicht hindern,
Om oder On der Linie mn, sowohl hin als zurück,
derselben Zeit zurückzulegen, oder mit andern Wor
Unterschiede in der Richtung seiner Bewegung werd
Zeit, in welcher der Nebenstern die erste Hälfte
die zweite BnA zurücklegt, keinen Einfluſs haben. A
der Halbmesser seiner Bahn Om oder On so grofs
dafs selbst das Licht noch mehrere Tage oder W
brauchte, um ihn zu durchlaufen, dann würden die
halben Revolution durch die zwei genannten Hä
und BnA nicht mehr gleich grofs seyn, sondern
würde uns gröſser erscheinen, als die zweite.

Um dieses besser zu übersehn, wollen wir ann
Nebenstern gebrauche genau 1000 Tage, seine ganze
den Centralstern O zu durchlaufen, und der Halbmesse
betrage 36200 Millionen Meilen, die das Licht in
zurücklegt. Wenn wir ihn heute in dem Punct
Bahn, also bei dem Centralsterne O sehen, so wird e
in 250 Tagen den vierten Theil seines Umkreises z
haben und daher in dem Puncte m seyn. Allein d
Punct m ist nahe um den Halbmesser der Satellit
der Erde T weiter entfernt, als der erste Punct A,
Licht 10 Tage gebraucht, diesen Halbmesser zu
so werden wir ihn nicht nach 250 Tagen, sonder
10 Tage später, also erst in 260 Tagen nach jener
dem Puncte m ankommen sehen, weil nämlich das
seiner Ankunft in m ausgesendete Licht erst in 10
ter bei der Erde ankommen kann, als wenn es von
A ausgegangen wäre. Ganz dasselbe wird auch von
B gelten, von welchem das Licht, um bis zu uns z
wieder 10 Tage mehr, als von m, also 20 Tage mehr
aus, gebrauchen wird. Die Folge davon wird seyn, dafs
stern die erste Hälfte AmB seiner Bahn (oder dafs

gerade Linie Om hin und zurück) nicht in 500 Tagen
e er in der That thut), sondern für uns erst in 520 Tagen
schrulegen scheinen wird.

Der umgekehrte Fall wird in der zweiten Hälfte BnA
r Bahn eintreten, wo der Nebenstern von seinem entfern-
n Puncte B bis zu dem der Erde nächsten Puncte A über-
. Wenn wir nämlich den Nebenstern am 520sten Tage
der ersten Beobachtung in der Richtung TAB sehn, so
er nach weitern 250 Tagen zwar in der That genau den
n Theil seiner Bahn zurückgelegt haben, aber für uns wird
derselben Zeit einen gröfsern Bogen zu durchlaufen schei-
weil das Licht, so wie der Stern von B nach n vorrückt,
einen kürzern Weg, um bis zu uns zu gelangen, haben, also
mer eine kürzere Zeit dazu verwenden wird. Er wird
hier wieder um 10 Tage früher in n und 20 Tage früher
erscheinen, als diefs geschehen wäre, wenn der Durch-
der Bahn viel kleiner gewesen, oder auch, wenn die
indigkeit des Lichtes noch vielmal gröfser wäre, als
der That ist.

hn wird also den Nebenstern die erste Hälfte AmB seiner
n 520 und die zweite Hälfte BnA in 480 Tagen durch-
ufen. Die Summe beider Zahlen beträgt wieder 1000
oder die *wahre* Umlaufszeit des Sterns, wie es auch seyn
weil diese von der Geschwindigkeit des Lichtes verur-
Ungleichheiten zu beiden Seiten der Gesichtslinie TAB
eder aufheben. Jene beobachteten Hälften der Umlaufs-
d daher um 20 Tage, d. h. um ebenso viele Tage ver-
n, als das Licht gebraucht, um den Durchmesser AB
hn des Nebensterns zu durchlaufen. Da aber das
wie bekannt, in jedem Tage 3620 Millionen Meilen
eilt, so beträgt die wahre Gröfse des Durchmes-
ieser Bahn 20mal 3620 oder 72400 Millionen Meilen.
man demnach einmal die absolute Gröfse des Halbmes-
n der Bahn eines Doppelsterns, so ist es sehr leicht,
e Distanz OT des Centralsterns O von der Erde T oder
ie Parallaxe des Sterns zu finden. Zu diesem Zwecke
man nämlich nur (wenn anders der Durchmesser mn der
n welcher der Nebenstern einherzugehn scheint, auf der
chlinie TO senkrecht steht) den Winkel OTm = OTn = α

zu kennen, um sofort die Distanz TO = Δ durch folg
fache Gleichung zu finden:

$$\Delta = \frac{a}{\text{Sin. } \alpha}.$$

Ist dieser Winkel in unserm Beispiele $\alpha = 10$ Secu
erhält man sofort TO = Δ = 747 Billionen Meilen,
stanz, welche das Licht erst in 566 Jahren zurückleg
Die Parallaxe π dieses Sterns aber ist

$$\pi = \frac{A}{\Delta \text{ Sin. } 1''},$$

wo A gleich dem Halbmesser der Erdbahn oder gleic
lionen Meilen ist, so dafs man also für π die sehr kl
fse 0,0000308 Sec. erhalten würde.

III. Verzeichnifs der vorzüglichsten sterne.

Die folgende Tafel giebt eine Uebersicht der vor
Doppelsterne. Die beiden ersten Columnen neben d
dieser Sterne enthalten die Rectascension und Pol
Sterne für das Jahr 1826, die dritte giebt die Distan
vierte die scheinbare Gröfse der beiden Sterne.
folgen Anmerkungen, die sich auf die Nummern (in
Columne der Tafel) dieser Sterne beziehen. Der in
merkungen öfter erwähnte *Positionswinkel* des b
Sterns wird so gezählt, dafs er gleich Null ist, wen
benstern genau nördlich vom Hauptstern steht, und
Graden, wenn er östlich von demselben steht. S
Zahlen des so genommenen Positionswinkels, so heif
wegung des Nebensterns *direct*, im entgegengesetzten
retrograd.

Namen	Rectascens.		Poldistanz		Distanz	Gröfse
35 Piscium . .	0h	6′	82°	9′	11″	6;8
7 Cassiopeiae .	0	38	33	7	9	4;9
65 Piscium . .	0	40	63	13	6	7;7
26 Ceti . . .	0	54	89	34	16	7;10
1 Ursae minor.	1	0	1	37	19	2;11
9 Cassiopeiae .	1	13	22	46	—	4;8;9
109 Piscium .	1	25	78	20	16	7;8
Anonyma . .	1	34	29	28	6	8;9
7 Arietis . . .	1	44	71	33	10	5;5
2 Piscium . .	1	53	88	4	5	2;4
3 Andromedae .	1	53	48	30	11	3;5
96 Ceti . . .	2	3	86	45	15	6;8
5 Cassiopeiae .	2	14	23	23	—	4;7;8
7 Persei . . .	2	38	34	50	30	4;8
1 Arietis . .	2	39	73	15	3	4;9
2 Arietis . .	2	49	69	23	1	7;7
7 Tauri . . .	3	24	66	7	22	6;7
32 Eridani . .	3	45	93	27	8	4;6
4 Persei . . .	3	46	50	30	8	3;9
1 Persei . .	4	2	42	3	91	—
91 Tauri . .	4	13	66	8	29	6;8
5 Camelopard. .	4	18	36	29	10	5;6
10 Aurigae . .	4	47	52	22	8	4;8
56 Orionis . .	4	49	75	45	39	7;8;15
1 Leporis . .	5	4	102	5	13	4;10
3 Orionis . .	5	6	98	25	9	1;10
117 Tauri . .	5	22	73	5	10	6;6
1 Orionis . .	5	26	80	11	4	4;6
9 Orionis . .	5	27	95	32	—	—
7 Orionis . .	5	30	92	43	—	—
7 Orionis . .	5	32	92	4	2	2;7
Monocerotis .	6	14	85	19	14	6;8
1 Monocerotis	6	20	96	55	3;7	6;7;9
2 Lyncis . .	6	30	30	23	3;10	6;7
38 Geminorum	6	44	76	36	5	6;8
Geminorum .	6	53	69	10	91	—
Geminorum .	7	9	67	43	7	3;12
Geminor. Castor	7	23	57	45	5	3;4
41 Geminorum	7	38	71	14	6	6;9
Anonyma . .	7	39	84	5	9	7;11
Cancri . . .	8	2	71	50	6	5;6
8 Hydrae . .	8	26	82	46	11	6;8
Anonyma . .	8	33	47	41	9	7;8
32 Ursae maj.	8	55	22	10	5	5;8
Anonyma . .	9	2	36	34	20	7;7

Nr.	Namen	Rectascens.		Poldistanz		Distanz
46	38 Lyncis . .	9h	7′	52°	28′	3″
47	Anonyma . .	9	7	27	56	1
48	ω Leonis . .	9	20	80	10	—
49	γ Leonis . .	10	10	69	16	3
50	54 Leonis . .	10	46	64	18	7
51	Anonyma . .	11	3	15	35	29
52	ξ Ursae maj. .	11	9	57	30	3
53	ι Leonis . .	11	14	78	31	2
54	2 Canis Venat.	12	7	48	24	11
55	Comae Berenic.	12	12	62	55	9
56	24 Comae Berenic.	12	26	70	39	21
57	γ Virginis . .	12	33	90	29	3
58	35 Comae Beren.	12	44	67	49	29
59	Anonyma . . .	12	46	93	53	7
60	12 Canis Venat.	12	48	50	44	20
61	Θ Virginis . .	13	1	94	36	8
62	ζ Ursae maj. .	13	17	34	9	14
63	Anonyma . .	13	25	89	25	2
64	o Virginis . .	13	34	85	33	4
65	κ Bootis . .	14	7	37	23	13
66	Anonyma . .	14	14	80	47	7
67	π Bootis . .	14	32	72	49	7
68	ζ Bootis . . .	14	33	75	31	2
69	ε Bootis . . .	14	37	62	11	4
70	ξ Bootis . . .	14	43	70	11	9
71	39 Bootis . .	14	44	40	34	5
72	44 Bootis . .	14	58	41	38	2
73	η Coronae bor.	15	16	59	4	1
74	Bootis . . .	15	18	52	1	1
75	μ Bootis . .	15	18	51	59	104
76	δ Serpentis . .	15	26	78	53	3
77	ζ Coronae bor.	15	33	52	49	7
78	γ Coronae bor.	15	35	63	8	2
79	ξ Librae . . .	15	54	100	52	7
80	β Scorpii . .	15	55	109	18	14
81	κ Herculis . .	16	0	72	29	31
82	49 Serpentis .	16	4	76	1	4
83	σ Coronae bor.	16	8	55	40	1
84	υ Coronae bor.	16	10	60	24	—
85	γ Herculis . .	16	14	70	25	38
86	λ Ophiuchi . .	16	22	87	38	7
87	ζ Herculis . .	16	35	58	5	1
88	43 Herculis .	16	37	81	5	80
89	210 Herculis .	16	57	61	40	—
90	μ Draconis . .	17	3	35	18	4

Namen	Rectascens.	Poldistanz	Distanz	Gröfse
α Herculis . .	17h 6′	75° 24′	5″	3;7
δ Herculis . .	17 8	64 57	28	3;8
Anonyma . .	17 52	59 56	20	6;8
κ Ophiuchi .	17 53	98 10	—	4;6
95 Herculis .	17 54	68 25	7	5;5
70 p Ophiuchi	17 56	87 27	4	4;6
59 α Serpentis	18 18	89 55	4	6;9
Anonyma . .	18 24	25 7	12	8;11
ε Lyrae . . .	18 31	51 23	43	1;12
ε Lyrae . . .	18 38	50 30	4	4;6
ζ Lyrae . . .	18 38	52 35	44	3;4
β Lyrae . . .	18 43	56 55	46	2;8;10
ν Draconis . .	18 48	30 49	28	6;8
69 Serpentis .	18 48	86 2	22	4;4
η Lyrae . . .	19 8	51 8	29	4;10
16 Lyrae . .	19 10	52 11	100	4;11
Anonyma . .	19 21	53 50	7	9;9
β Cygni . .	19 24	62 25	34	4;6
ε Cygni . .	19 39	45 17	2	3;8
ψ Cygni . .	19 40	56 39	25	5;8
ζ Sagittae . .	19 41	71 17	8	6;8
Anonyma . .	19 59	54 42	37	—
Anonyma . .	20 6	94 2	14	7;8
ψ Capricorni .	20 20	108 24	11	5;10
γ Delphini . .	20 38	74 31	12	5;6
4 Lyncei . .	20 50	86 23	—	5;6;7
61 Cygni . .	20 59	52 6	15	6;7
β Cephei . .	21 26	20 13	13	3;8
μ Cygni . .	21 36	62 1	6	5;6
Anonyma . .	21 46	35 0	20	6;6
Anonyma . .	22 7	20 44	15	7;10
Anonyma . .	22 2	31 33	—	7;8;8
ξ Aquarii . .	22 20	90 55	5	4;4
Honores Frider.	22 38	51 26	—	7;9
107 Aquarii .	23 37	109 41	5	7;8
ω Cassiopeiae .	23 50	35 12	3	6;10
Anonyma . .	23 55	56 42	—	7;7;9
Anonyma . .	23 57	32 32	—	7;8

Anmerkungen zu der vorhergehenden Tabel

Nr. 1. 35 Piscium. Der gröfsere Stern ist weifs, de blau. Sie können selbst bei Beleuchtung des Rohrs Farben noch erkannt werden.

Nr. 2. η Cassiopeiae. Ein gelber Hauptstern mit ei purfarbenen Begleiter. Die Winkelbewegung des l den ersten betrug in den letzten 57 Jahren 30 G Distanz ist jetzt in Abnahme begriffen.

Nr. 3. 65 Piscium. Ein schönes Bild im Fernrohre

Nr. 4. 26 Ceti. Der grofse weifs, der kleine blaugrü zu sehen.

Nr. 5. α Ursae minor. Polarstern. Der gröfsere is Seit 20 Jahren hat man keine Veränderung in dem winkel des kleinen Sterns gesehen. Nach zahlre obachtungen Struve's ist die Aberration (also die digkeit des Lichts) für den Begleiter etwas gering den Hauptstern.

Nr. 6. ψ Cassiopeiae. Von Struve zuerst als dreif erkannt. Die beiden Begleiter sind sehr lichtsch sind der 4ten, 8ten und 9ten Gröfse. Die bei haben die Distanz von 3 Secunden, und die be 32 Secunden.

Nr. 7. 100 Piscium. Der bedeutenden Distanz von 16 hat sich der Positionswinkel seit 48 Jahren um 6 ändert, so dafs eine Bahnbewegung von nahe 3 Ja fast unverkennbar ist. Beide Sterne weifs.

Nr. 8. Anonyma. Eigentlich ein dreifacher Stern; liegen sehr nahe in einer geraden Linie.

Nr. 9. γ Arietis. Beide Sterne hell und sehr wei stehn in demselben Declinationskreise, also der nördlich über dem andern, ohne dafs man sei eine Stellungsveränderung bemerkt hätte.

Nr. 10. α Piscium. Dieses Sternpaar gehört zu Doppelsternen. Der gröfsere ist grünlich, der kl Seit 55 Jahren ist keine Aenderung der Positi worden.

Nr. 11. γ Andromedae. Dieser Doppelstern ist schönen Farben ausgezeichnet; der grofse ist go

ne tiefblau. Auch hier wurde bisher keine Aenderung der
ionen beobachtet.

2. 66 Ceti. Der grofse gelblich, der kleinere blau. Der
ptstern hat eine starke eigene Bewegung im Raume, näm-
eine Minute in 150 Jahren, und an dieser Bewegung
nt der Begleiter Theil. In den letzten 5 Jahren hat
diese sich um 4° in seiner scheinbaren Bahn um den
ten fortbewegt, während die Distanz 15″ unverändert
. Umlaufszeit nahe 450 Jahre.

. ι Cassiopeiae. Ein ausgezeichnet schöner dreifacher
: der grofse ist gelb, die beiden kleinen blau. Eine
derung der Position und Distanz ist bisher noch nicht
Sicherheit bemerkt worden.

. η Persei. Die sehr hervorstechende Farbe des gröfsern
ue und die des kleinern blau. Die Distanz scheint un-
derlich, so wie die Position.

. γ Arietis. Eigentlich ein dreifacher Stern der 4ten,
und 10ten Gröfse; der entferntere ist der schwächste und
r zu beobachten; der Hauptstern ist schwach gelblich.
Position scheint unveränderlich.

. ε Arietis. Beide Sterne sind einander ungemein nahe,
stens unter einer halben Secunde. Beide sind gelblich
ihre Duplicität ist schwer zu erkennen.

. ζ Tauri. Herschel d. ä. erkannte ihn als Doppel-
; Struve fand, dafs der Hauptstern selbst wieder aus
nur ½ Secunde entfernten Sternen besteht. Beide sind
ch und nahe von gleicher Gröfse. Die Position ändert
rzt in 6 Jahren um 4 Grade. Der entferntere Neben-
: nur der 10ten Gröfse, und sein Abstand von dem
tern 22″.

. 32 Eridani. Der grofse strohfarben, der kleine blau.

. ε Persei. Der grofse weifs, der kleine bläulich, das
schön und scharf begrenzt. Die Distanz scheint zu
en.

. α Persei. Der grofse orangefarben.

. 61 Tauri.

. 1 Camelopardi. Der grofse gelb, der kleine blau. Position
Distanz scheinen stark veränderlich.

. ω Aurigae. Der grofse granatfarben, der kleine blau.

Nr. 24. 26 Orionis. Ein dreifacher Stern, gelb, bläulich.

Nr. 25. ι Leporis. Wegen der grofsen Verschied Glanzes konnte der von Herschel d. ält. gesehe Nebenstern weder von seinem Sohne, noch von S von Struve bis 1829 gefunden werden. Die neuest tungen des jüngeren Herschel setzen die stark des Nebensterns aufser Zweifel; sie ist retrograd 23° in 53 Jahren. Der Hauptstern ist mattgrün.

Nr. 26. β Orionis. Der grofse weifs, der kleine

Nr. 27. 117 Tauri. Beide weifs. Die Distanz

Nr. 28. λ Orionis. Der grofse gelblich, der kleine Beide sind in der Distanz 27″ von einem ungemei Stern der 12ten Gröfse begleitet. Veränderungen sem dreifachen Sterne noch nicht bemerkt worde

Nr. 29. Θ Orionis. Ein fünf- oder vielleicht Stern in dem bekannten Trapez des grofsen O

Fig. 155. A B C D. In diesem Trapez hat Struve noch e Stern E und Lamont im J. 1837 einen sechst den.

Diese Sterne sind:

A	der 7ten	Gröfse,	weifs;
B	— 8-	—	grauweifs;
C	— 5-	—	gelblich;
D	— 6-	—	—
E	—11-	—	—
F	—12-	—	—

Seit Herschel d. ält. bis auf unsere Tage h keine Aenderung der Position der vier ersten Ste cherheit bemerkt. Ein Kreis von 23″ Durchmesser sämmtliche 6 Sterne.

Nr. 30. σ Orionis, ein vierfacher Stern, der 4ten und 10ten Gröfse. In den Distanzen und Wink seit Herschel d. ält. nichts geändert. Nahe vierfachen Stern steht ein anderer dreifacher, beide Systeme, die nur 3,5 Minuten von einan sind, im Felde des Fernrohrs zugleich beobachte

Nr. 31. ζ Orionis. Grofser gelblichweifs, klei beide scharf begrenzt. Im Jahre 1782 soll di

chbar gewesen seyn, so dafs sich also damals beide
re für uns bedeckten. Die Distanz ist sehr verän-
ich.

2. 8 Monocerotis. Grofser gelb, kleiner purpurfarben.

3. 11 Monocerotis. Drei weifse Sterne der 5ten, 5ten
3ten Gröfse, alle drei sehr hell. Die Abstände der Be-
ter von dem Centralstern sind 2″,5 und 7″,2. Seit mehr
50 Jahren ist keine Positionsänderung bemerkt worden.
Sterne müssen also entweder von sehr kleiner Masse,
sehr weit von uns entfernt seyn, und in beiden Fällen
ihr starker Glanz in Verwunderung.

4. 12 Lyncis. Ein dreifacher Stern, der 5ten, 6ten und
Gröfse, die beiden ersten grünlichweifs und der letzte
ulich. In den Positionen der beiden Begleiter haben sich
150 folgende Veränderungen zugetragen: der nähere
anz 1″,5) hat sich in 50 Jahren um 27° 43′, der entferntere
anz 8″,7) aber nur um 1° 39′, jener retrograd und
direct, bewegt, was ganz mit dem dritten Gesetze
ler's übereinstimmt.

5. 38 Geminorum. Grofser gelblich, kleiner bläulich.
Position ändert sich sehr langsam und sie deutet auf
Umlaufszeit von 200 bis 250 Jahren.

6. ζ Geminorum. Grofser gelb, kleiner grau.

7. ν Geminorum. Grofser weifs, kleiner blau, scharf
annt.

Castor oder] α Geminorum. Beide Sterne grünlich
mmend. Die Duplicität wurde schon 1719 erkannt, seit
er Zeit der Begleiter nahe 100 Grade um den Haupt-
zurückgelegt hat. Herschel d. jüng. suchte eine Bahn
graphische Construction zu bestimmen, die bis 1833
en Beobachtungen ziemlich gut übereinstimmte, aber
m immer mehr davon abweicht. Mädler hat 1837
de Elemente dafür berechnet:

Halbe grofse Axe . .	$a = 7″,008$
Excentricität	$e = 0,797$
Knoten	$k = 23° 5′$
Neigung	$n = 70° 58′$
Abstand des Perihels vom Knoten . . .	$\omega = 87° 37′$

Durchgangszeit durch das Perihel
oder Epoche . . . . E = 1913 Novem
Umlaufszeit . . . . . T = 230,30 Jahre
Bewegung retrograd.

Ein schwacher, 73 Secunden entfernter Stern ge
scheinlich auch noch zum System des Castor.

Nr. 39. 201 Geminorum. Grofser weifs, kleiner
Nr. 40. Anonyma. Grofser gelb. Struve entde
Doppelstern im J. 1825, aber später (1831 und
er selbst bei den heitersten Nächten den Beg
mehr sehn, der vielleicht ein in seinem Lichte ve
Stern ist.

Nr. 41. ζ Cancri. Ein merkwürdiger dreifacher
Hauptstern A ist 5ter, B ist 6ter und C endlich 5,
alle drei sind gelb. Die Distanz AB ist gleich 1
5″,7. Der nähere Begleiter B läuft in nahe 54
trograd um den Hauptstern, und seine Bahn s
kreisförmig zu seyn, der andere Begleiter C hat
ren 37° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt, al
weniger, als B, was mit Kepler's drittem Gesetze
übereinstimmt.

Nr. 42. 18 Hydrae. Grofser gelb, kleiner bläulich
Nr. 43. Anonyma. Wahrscheinlich ein blofs *opti*
pelstern, die blofs für uns so nahe erscheinen,
vielleicht sehr weit hinter einander stehn. Der
gelblich, der kleine weifs. Der kleinere beschreib
hung auf den Hauptstern eine gerade Linie, und
fernung war im J. 1836 gleich 10″, im J. 1828 a
Ist er gleichwohl ein wahrer, physischer Begleiter
sterns, so ist mit Wahrscheinlichkeit eine baldi
in seiner scheinbaren Bahn zu erwarten; ist er
optisch, so wird er um das Jahr 1870 schon üb
dem Hauptstern entfernt seyn.

Nr. 44. σ^2 Ursae majoris. Der kleine Stern hat
ren 21° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt un
Zeit seine Distanz von 7″,9 auf 4″,6 geändert, so
nächsten Jahrzehnten ein sehr nahes Zusammenrüc
Sterne zu erwarten ist.

Nr. 45. Anonyma. Beide gelb. Der grofsen Dist

et betrug die Winkelbewegung des kleinen doch schon
nde in 16 Jahren.

38 Lyncis. Grofser weifs, kleiner bläulich.

Anonyma. Ein dreifacher Stern. Die zwei Haupt-
e sind nur 1″ von einander entfernt, und beide der 8ten
öfse. Der kleine entfernte Begleiter ist nur der 11ten
öfse und sehr lichtschwach. Eine Aenderung der Posi-
wurde noch nicht bemerkt.

υ Leonis. Der grofse gelb, der kleine röthlich. Die
n ist seit Herschel's d. ält. Beobachtung immer klei-
geworden und die Position hat sich in 53 Jahren um 63
e geändert. In den letzten Jahren vermochte ihn Struve
t mehr doppelt, sondern nur länglich zu erblicken.

γ Leonis. Einer der schönsten und hellsten Dop-
ne; der grofse goldfarben, der kleine rothgrün. Seit
rn d. ält. hat sich die Distanz nicht merklich, die
n aber um 22° geändert.

54 Leonis. Grofser gelb, kleiner grün. Ein schö-
scharf begrenztes Bild.

Anonyma. Der eine gelb, der andere gelblichgrau,
Farben matt. Die Distanz ändert sich sehr stark, die
hen nur wenig.

ξ Ursae majoris. Grofser gelblich, kleiner aschfarben.
n Savary und nach ihm Herschel d. jüng. haben die
dieses Sterns zu bestimmen gesucht. Da aber beide
n späterhin zu sehr von den Beobachtungen abwichen,
hte Mädler im J. 1836 eine neue Bahn zu berechnen,
nd folgende Elemente:

a = 2″,29;
e = 0,404;
k = 95° 0′;
n = 52 15;
ω = 129 40;
E = 1816 December 13;
T = 60,460 Jahre;
Bewegung retrograd.

Sterne entfernen sich jetzt von einander, und werden
nächsten Jahren schon in mittelmäfsigen Fernröhren
getrennt erscheinen.

Nr. 53. ι Leonis. Grofser gelblich, kleiner blau. hat, ohne seine Distanz zu ändern, seine Positio 9 Jahren vermindert.

Nr. 54. 2 Canis Venat. Grofser roth, kleiner bl

Nr. 55. Comae Berenices. Beide gleich grofs und

Nr. 56. 24 Comae Beren. Grofser roth, kleiner b Farben sehr ausgesprochen. Struve bemerkte die des kleinen auch dann schon, wenn der grofse im Fernrohr ist, was die Ansicht, als sey diese blofse Complementarfarbe, entscheidend wiederl tionsänderungen wurden bisher nicht bemerkt.

Nr. 57. γ Virginis. Schon Bradley erkannte im Duplicität dieses Sterns. Damals war ihre Dist ihre Position 160°. Seit dieser Zeit hat der k trograder Bewegung gegen 300 Grade zurückgele Jahren 1834 — 36 war die Distanz beider Stern dafs nur noch mit dem grofsen Refractor in Dor plicität erkannt wurde. Im Jahre 1838 war die D wieder nahe einer Secunde gleich. Mädler hat Doppelstern folgende Elemente abgeleitet:

$$a = 5'',35;$$
$$e = 0{,}8680;$$
$$k = 58^{\circ}\ 22'\ 33'';$$
$$n = 35\ \ 48\ \ 2;$$
$$\omega = 265\ \ 59\ \ 57;$$
$$E = 1836 \text{ Febr. } 6;$$
$$T = 157{,}562 \text{ Jahre};$$

Bewegung retrograd.

Merkwürdig ist die starke Excentricität dieser Bah die des Encke'schen Kometen noch übertrifft. Stru nen Wechsel der Helligkeit dieser beiden Sterne w 1831 der damals vorangehende schwächer, seit 183 schieden heller ist, als der andere. Beide Sterne si

Nr. 58. 35 Comae Beren. Eigentlich drei, an Farbe sehr verschiedene Sterne. Die Distanz helleren ist 1″,4 und die des schwächeren von Eine Positionsänderung ist noch nicht bemerkt w

Nr. 59. Anonyma. Grofser weifs, kleiner blau.

Nr. 60. 12 Canis Venat. Grofser weifs, kleiner b

. θ Virginis. Dreifach. Von den beiden kleinen ist
n Hauptstern nähere ungemein fein, aber doch so hell,
r selbst eine stärkere Beleuchtung des Fernrohrs verträgt,
nd der entferntere ungemein lichtschwach ist.
ζ Ursae maj. Grofser weifs, kleiner bläulich. Po-
und Distanz scheinen constant.
Anonyma. Beide gelblich und lichtschwach. Die Po-
ndert sich in 11 Jahren schon um 19,5 Grade.
o Virginis. Grofser weifs, kleiner blau.
x Bootis. Der Hauptstern ist schöngrün, der Neben-
ünlich; Positionsänderung 3°,4 in 50 Jahren.
Anonyma. Grofser weifs, kleiner blau.
ε Bootis. Grofser weifs, kleiner bläulich.
ζ Bootis. Der Hauptstern ist zugleich in seinem Lichte
rlich, bald der 3ten, bald der 4ten Gröfse, während
re immer der 4ten Gröfse ist. Beide Sterne sind
Eine Positionsänderung wurde bisher nicht bemerkt.
ξ Bootis. Ein schönes Sternpaar; der grofse glänzend
er kleine tiefblau. Positionsänderung 15° in 55

η Bootis. Grofser hellgelb, kleiner purpurroth. Di-
nd Position ändern sich schnell.
39 Bootis. Der grofse weifs, der kleine purpurfarben.
44 Bootis. Ein schöner, bequem zu beobachtender
ern. Grofser gelb, kleiner bläulich. Die Bahn des
geht, erweitert, durch unser Sonnensystem, daher
nur als eine gerade Linie erscheint. Herschel be-
ihn als ein feines Miniaturbild von Castor. Zwi-
1802 und 1819 mufs eine fast centrale Bedeckung bei-
ne vorgefallen seyn.
γ Coronae bor. Grofser gelb, kleiner goldgelb. Mäd-
t folgende Elemente der Bahn gegeben:

$$a = 1'',191;$$
$$e = 0{,}354;$$
$$k = 22° 25';$$
$$\eta = 71\ 29;$$
$$\omega = 263\ 10;$$
$$E = 1815\ \text{März}\ 14;$$
$$T = 43{,}34\ \text{Jahre};$$

Bewegung direct.

Nr. 74. Sehr schwer als getrennt zu unterscheid
Distanz so klein ist. Die Umlaufszeit ist gegen

Nr. 75. μ Bootis. Beide weifs.

Nr. 76. δ Serpentis. Schön glänzend, grofser g
graublau. Positionsänderung 30° in 53 Jahren.

Nr. 77. ζ Coronae bor. Grofser weifs, kleiner bl

Nr. 78. γ Coronae bor. Der gröfsere grünlichweif
purpurfarben. Seit 1826, wo ihn Strauve zuer
tete, nähert er sich dem Hauptstern von 2″ bis
1833 erschienen beide nur als ein einziger läng
doch waren auch hier noch beide Farben deutlic
nen. Im J. 1835 erschien er durchaus einfach;
er wieder eine längliche Form.

Nr. 79. ξ Librae. Ein dreifacher Stern, der 5ten, 6
Gröfse, die beiden ersten gelblich, der letzte bl
Positionsänderungen sind bedeutend. Abstand
von dem Hauptstern 1″,1 und 7″,6. In nahe
Entfernung steht ein anderer sehr kenntlicher
der selbst bei starken Vergröfserungen mit ξ Li
zeitig beobachtet werden kann. Vielleicht steh
steme in einem physischen Zusammenhange.

Nr. 80. β Scorpii. Grofser weifs, kleiner blau.

Nr. 81. $\varkappa$ Herculis. Beide gelb. Die Position
sehr langsam, die Distanz aber schnell zu ände
Jahren nämlich um 25 Secunden.

Nr. 82. 49 Serpentis. Beide weifs.

Nr. 83. σ Coronae bor. Der grofse gelblich, der kl
Mädler hat für diesen Doppelstern folgende E
geben:

$$a = 2'',928;$$
$$e = 0{,}577;$$
$$n = 129°\,22';$$
$$k = 39\ 49;$$
$$\omega = 16\ 43;$$
$$E = 1836 \text{ Sept. } 26;$$
$$T = 199{,}95 \text{ Jahre};$$

Bewegung direct.

Nr. 84. v Coronae bor. Ist eigentlich ein dreifach

γ Herculis. Grofser weifs, kleiner blau.

1 Ophiuchi. Der grofse gelb, der kleine bläulich. Bahn scheint nahe kreisförmig zu seyn. Die Umlaufs- ist nahe 40 Jahre.

ζ Herculis. Dieser Doppelstern hat schon zweimal Erscheinung der Bedeckung eines Fixsterns durch einen gegeben, nämlich im J. 1802 und in der Zeit von 31. Der grofse gelb, der kleine röthlich. Mädler genäherte Umlaufszeit von 36 Jahren.

43 Herculis. Der grofse stark roth, der kleine bläu-

210 Herculis. Der grofse gelb, der kleine tiefblau. 9, wo er zuerst bemerkt wurde, bis 1836 hat sich Position um 11 Grade geändert.

μ Draconis. Zwei weifse Sterne von nahe gleichem Positionsänderung 30° in 55 Jahren.

α Herculis. Der grofse glänzend röthlichgelb, der ausgesprochen tiefblau. Der kleine ist von der 5ten Gröfse veränderlich, und dieses scheint auch, ob- in geringerem Mafse, von dem gröfsern zu gelten. Positionsänderung hat man noch nicht bemerkt.

δ Herculis. Der grofse glänzend grün, der kleine grau. Die Distanz ist in 55 Jahren von 34″ auf 25″ gesunken, und die Position hat um 12 Grade zuge-

Anonyma. Grofser weifs, kleiner blau.

τ Ophiuchi. Beide gelb. Der ältere Herschel hat länglich bezeichnet, Struve fand ihn anfangs ganz und erst 1827 länglich; 1835 berührten sich beide 1836 aber trennten sie sich deutlich. Die Um- ist nahe 85 Jahre.

95 Herculis. Beide an Glanz gleich, der eine grün- andere schön roth.

70 p Ophiuchi. Grofser gelb, kleiner purpurfarbig. Jahren hat er schon 323° durchlaufen. Mädler fand Elemente dieses Doppelsterns:

a = 4″,316;
e = 0,477;
k = 133° 47′;
n = 42 52;
ω = 153 27;
E = 1806 Sept. 30;
T = 80,61 Jahre;
Bewegung retrograd.

Nr. 97. α Serpentis. Grofser weifs, kleiner blau.

Nr. 98. Anonyma. Dieses merkwürdige Sternpaar nem schwachen elliptischen Nebel umgeben. nehmen die beiden Brennpuncte der Ellipse ein. benachbarten Sterne zeigt eine Spur von Nebelhül hier wohl Sterne und Nebel zusammen gehören.

Nr. 99. α Lyrae. Dieser Doppelstern ist wahrsche physisch, sondern nur optisch doppelt[1].

Nr. 100. ε Lyrae. Eigentlich ein doppelter Dopp wahrscheinlich ein System von zwei zusammen Doppelsternen. Das erste Paar gehört zu Rect 38′ 36″, Poldist. = 50° 30′ und das zweite Paa asc. 18h 38′ 36″, Poldist. = 50° 34′. Sie w in stark vergröfsernden Fernröhren (also mit ger feld) zu gleicher Zeit gesehn. Bei dem nördliche ε Lyrae) ist der grofse grünlich und der 5ten kleine aber blauweifs und der 6ten Gröfse. Ihre 3″ und die Position hat sich in 57 Jahren um was auf eine 2000jährige Umlaufszeit deutet. B lichen Paare (oder 5 Lyrae) beträgt der Abstand aber die Veränderung der Position in 57 Jahr Grade, was eine nahe 1000jährige Umlaufszeit er Hier sind beide glänzend weifs und auch beide grofs, nämlich der 5ten Gröfse. Haben beide fserdem noch eine gemeinsame Bewegung um ih punct, so kann die Periode derselben nicht wohl Million Jahre seyn.

Nr. 101. ζ Lyrae. Grofser weifs, kleiner blau.

Nr. 102. β Lyrae. Eigentlich ein vierfacher Ster

---

1 Vergl. oben C am Ende.

σ Draconis. Der grofse glänzend gelb, der kleine
grau. In 55 Jahren hat sich die Distanz um 4″ und die
ion um 15° geändert.
Θ Serpentis. Beide gelblich.
η Lyrae. Der kleine blau.
ϑ Lyrae. Der grofse weifs, der kleine blau.
Anonyma. Beide bläulich.
β Cygni. Grofser gelb, kleiner blau; ein scharfbe-
tes Bild.
δ Cygni. Im Jahre 1783 erschien er einfach, jetzt
ch doppelt.
ψ Cygni. Die jährliche Positionsänderung ist 0,7
Grofser weifs, kleiner grau.
ζ Sagittae. Grofser weifs, kleiner blau.
Anonyma. Auf dieser Stelle sind vier Doppelsterne nahe
nmen. Wenn der schönste oder nördlichste in den un-
Theil des Feldes gebracht wird, so erscheinen alle vier
ch im Fernrohr.
Anonyma. Grofser weifs, kleiner blau.
ρ Capricorni. Grofser weifs, kleiner blau.
γ Delphini. Der grofse goldgelb, der kleine blau-
liche Farben ausgezeichnet schön. Sonderbar, dafs
Herschel d. ält. beide als weifs bezeichnet wurden.
Position scheinen sich nicht zu ändern.
ε Equulei. Herschel d. ält. gab ihn als doppelt,
aber, durch Zerlegung des Hauptsterns, als dreifach
Der grofse gelb, der kleine nahe gelblich, der kleine
grauweifs. Abstand der beiden ersten 0″,4, des
11″.
61 Cygni. Ueber diesen wichtigen Doppelstern ist
oben gesprochen worden. Wir kennen ihn seit 1753,
Bradley zuerst beobachtete. Beide Sterne sind
ch.
β Cephei. Grofser weifs, kleiner blau.
μ Cygni. Ebenso.
Anonyma. Ebenso.
Anonyma. Ebenso.
Anonyma. Erst Struve erkannte 1832 diesen Dop-
durch Zerlegung des *Nebensterns* als dreifach. Alle

drei Sterne sind sehr weifs, die beiden Nebenstern
0″,5 von einander entfernt.

Nr. 123. ζ Aquarii. Beide Sterne weifs mit matt
Schimmer. Positionsänderung 26° in 55 Jahren.

Nr. 124. 18 Honores Friderici. Der gröfsere schö
ben, ins Rosenrothe spielend, der kleinere aschgr

Nr. 125. 107 Aquarii. Grofser weifs, kleiner blau

Nr. 126. σ Cassiopeiae. Grofser weifs, kleiner
Miniatur von ε Bootis.

Nr. 127. Anonyma. Struve erkannte 1828 dies
stern durch Zerlegung des Hauptsterns als einen
Die beiden Hauptsterne sind nur 0″,5 von einand
der dritte aber 20″ von dem ersten.

Nr. 128. Anonyma. Beide gelblich. In den letzt
ren ist der Nebenstern um nahe 180° um den
vorgerückt. Mädler fand für ihn folgende Elem

$$a = 1'',003;$$
$$e = 0,532;$$
$$k = 125° 10';$$
$$n = 25\ 32;$$
$$\omega = 36\ 32;$$
$$E = 1837 \text{ Juni } 4;$$
$$T = 84,51 \text{ Jahre};$$

Bewegung direct.

In diesem Systeme beträgt also der mittlere Absta
Secunde, während die Umlaufszeit der des Ura
Setzt man die Masse beider Sterne der Sonnenmass
wird die Entfernung derselben von uns gleich 36
bahnhalbmessern, und das Licht braucht 55 Jahre,
nem Systeme bis zu uns zu gelangen.

Die vorhergehenden Sterne sind sämmtlich aus
Classen genommen, wo die beiden Sterne einander
stehn. Struve theilte nämlich die sämmtlichen D
nach ihren Distanzen von einander, in 8 Classen, v
kleine Tafel zeigt.

Classe	Distanzen
I . . .	von 0 bis 1″;
II . . .	— 1 — 2;
III . . .	— 2 — 4;
IV . . .	— 4 — 8;
V . . .	— 8 — 12;
VI . . .	— 12 — 16;
VII . . .	— 16 — 24;
VIII . . .	— 24 — 32.

n bereits oben erwähnten Werke[1] zählt er 2787 sol-
facher Sterne auf, deren jeder wenigstens viermal voll-
gemessen und nach Gröfse und Farbe bestimmt ist. In
e Classe fand er 91 Doppelsterne, in der zweiten 314,
itten 535, in der vierten 582, in der fünften 352
Wollte man annehmen, dafs alle oder doch bei wei-
meisten Doppelsterne nur *optisch*, also gleichsam zu-
d, so müfsten sich diese Doppelsterne unter den Ster-
Gröfsen gleich häufig zeigen. Das ist aber keines-
Fall. Struve fand nämlich unter den Sternen

der 1. bis 3. Gröfse unter 100 nur 18 doppelte;
- 4. — 5. — — — — 13 —
- 6. — 7. — — — — 8 —
- 8. — 9. — — — — 3 —

nterschied zeigt, dafs wenigstens bei den Sternen von
s 7. Gröfse die meisten Doppelsterne nicht *optisch*,
wahrhaft ***physisch*** verbunden sind. Struve hat mit
r Wahrscheinlichkeitsrechnung diesen Gegenstand näher
ht, und folgende Resultate gefunden. Wenn man blofs
n Doppelsterne betrachtet, wo der Nebenstern selbst
gröfseren oder helleren (also zu der 1., 2., 3. bis 7.
gehört, so müssen, jener Rechnung zufolge, von je
klich beobachteten Doppelsternen

---

[1] Mensurae Stellarum duplicium. Petrop. 1837.

der I. Classe alle 100 physisch seyn,
- II. — — 100 — —
- III. — — 100 — —
- IV. — — 98 — —
- V. — — 92 — —
- VI. — — 90 — —
- VII. — — 72 — — u. s

Bei denjenigen Doppelsternen, wo der Nebenstern n
als der 7ten Gröfse ist, müssen von je hundert b
Doppelsternen dieser Art in der

I. Classe wieder alle 100 physisch seyn,
II. — — — 99 — —
III. — — — 97 — —
IV. — — — 89 — —
V. — — — 73 — —
VI. — — — 38 — — u.

Es ist also mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit anzune
besonders in den höhern Classen beinahe alle beobac
pelsterne nicht optische (wegen ihrer Lage gegen u
nahe stehend erscheinende), sondern dafs sie in der
oder physisch verbundene, zu einem gemeinschaftlich
gehörende Sterne sind. Noch viel mehr aber wird
sultat dadurch bestätigt, dafs von beinahe allen diese
teten Doppelsternen immer der eine sich um den
wegt, und dafs sie auch überdiefs eine gemeinschaft
rückungsbewegung (den sogenannten *motum prop*
Himmelsraume haben. Unter den 560 Sternen, die
DER in Bezug auf diese *eigene Bewegung* untersu
G zu Ende), kommen 53 von STRUVE beobac
pelsterne vor, von welchen 41 auch schon durch
d. ält. gesehn worden sind. Von diesen 41 Doppel
ben nun 40 eine gemeinschaftliche (oder gleich gr
Bewegung bei jedem der zwei Sterne, und nur eine
lei) macht eine Ausnahme davon, so dafs also nur
von 41 als ein blofs optischer Doppelstern anzusehn
selbe Resultat, der bei weitem gröfseren Anzahl der
Doppelsterne, scheint auch noch für diejenigen Ste
ten, die über die achte Classe hinaus, mehr als 3
einander entfernt sind. STRUVE, der auch dieses
der Probabilitätsrechnung untersuchte, fand, dafs s

Distanz von 5 Raumminuten der physische Zusammenhang
immer viel häufiger ist, als der optische, und dasselbe
auch bei den doppelten Sternpaaren finden, wo die
Paare von einander bis auf 10 Minuten abstehn, in-
sie ihrer Natur nach zusammengehörende Doppelstern-
sind, die wieder um andere Paare kreisen, und gleich-
Vielgruppen in dem allgemeinen Heere des Fixstern-
darstellen, wohin auch wahrscheinlich die Pleiaden,
Krippe, das Haar der Berenice u. a. dichtere, schon dem
Auge sichtbare Sammlungen von Sternen gehören.

Es ist gewifs in hohem Grade merkwürdig, dafs von al-
diesen wunderbaren Gegenständen des Himmels diejenigen,
wir bisher näher untersuchen konnten, ohne Ausnahme
Gültigkeit des Newton'schen Attractionsgesetzes auch in
fernen Räumen sprechen, so dafs dasselbe wahrscheinlich
allgemeine Gesetz der ganzen Natur seyn mag. Dieses
hat, wie auch schon Newton bemerkte, die wich-
eigenthümlichkeit, dafs unter seiner Einwirkung die An-
einer auch noch so grofsen Kugel auf einen aufser ihr
den Punct dieselbe ist, als wenn die Masse dieser ganzen
in ihrem Mittelpuncte vereinigt, auf einen einzigen Punct
geworden wäre. Da aber beinahe alle Himmelskörper,
uns dieselben bekannt geworden sind, sehr nahe die
Gestalt haben, so werden dadurch nicht nur ihre Bewe-
um einander, sondern auch die Berechnungen derselben
erleichtert, indem es uns, in jener Voraussetzung,
ist, alle Himmelskörper nur als ebenso viele einfache
zu betrachten. Wenn sie die Form von Würfeln, Cy-
oder Kegeln hätten, so würde, bei dem gegenwärtigen
unserer Analysis, alle Berechnung derselben so gut
möglich seyn. Es war daher eine wichtige und in-
Frage, ob diese Anziehung der Kugeln auch noch
anderen Gesetze, als dem für Kugeln gültigen, statt
kann. Man findet[1], dafs alle Gesetze der Attraction, für
eine Kugel auf einen äufsern Punct so wirkt, als ob
sie in dem Mittelpuncte der Kugel vereinigt wäre, in
drucke enthalten sind

[1] L. Littrow's theor. u. pract. Astronomie. Th. III. Wien 1827.

$$\frac{A}{r^2} + Br,$$

wo r die Entfernung des Puncts von dem Mittelp
Kugel und wo A und B constante Gröfsen bezeichne
man die Gröfse B gleich Null, so hat man wieder
erwähnte Gesetz der Natur, so dafs demnach von
unzähligen Gesetzen, welche die Attraction für grofs
zen sehr klein geben (und nur solche sind für di
schen Bewegungen anwendbar), das der Natur das e
für welches die Kugeln die oben erwähnte Eigensch
Dasselbe Naturgesetz scheint auch noch eine andere s
würdige Eigenschaft vor allen übrigen Gesetzen auss
zu besitzen, dafs nämlich nur bei ihm unser Plan
eine dem gegenwärtigen Zustande desselben ganz ähn
stalt beibehalten würde, wenn auch der Mafsstab de
allen seinen Theilen verhältnifsmäfsig geändert w
wenn z. B. die Massen und die Distanzen aller dies
constituirenden Körper auf ihren hundertsten oder tausend
herabgebracht würden. Allein jene Rechnungen be
nur auf die Bewegung der einen Sonne um die and
sie sind daher im Allgemeinen ganz dieselben, dur
wir, in unserm System, die Bewegung eines Planet
Sonne bestimmen. Jene Doppelsonnen aber sind ohn
auch von planeten- oder kometenähnlichen Körpern
und von diesen letzteren wird die Berechnung ihrer Be
eine ganz andere und viel zusammengesetztere seyn. W
lich ein Körper sich um einen andern Centralkörper
Newton'schen Gesetze bewegt, so beschreibt jener, wie
einen Kegelschnitt, in dessen einem Brennpuncte
tralkörper liegt. Nehmen wir z. B. an, dafs unsere E
rem Perihel entstanden wäre, so würde die jährliche Ba
ben eine Hyperbel, eine Ellipse oder eine Parabel gewo
jenachdem die anfängliche Geschwindigkeit der Er
ersten Secunde gröfser, kleiner oder genau ebenso g
5,853 geogr. Meilen gewesen wäre. Für eine Geschw
von 4,13 Meilen würde diese Erdbahn vollkommen k
geworden seyn. Allein den Beobachtungen zufolge b
wirkliche Geschwindigkeit derselben im Perihel 4,11
so dafs also, nach dem Vorhergehenden, die Erdbahn ei
und zwar eine von dem Kreise nur sehr wenig verschi

werden mufste, wie dieses auch den Beobachtungen voll-
n gemäfs ist.

hnge also nur ein einziger Centralkörper da ist, wie
ren Sonnensysteme, um den sich alle übrige Himmels-
bewegen, so sind die Bahnen dieser letzten einfache
n Linien der zweiten Ordnung oder sogenannte Kegel-
. Aber ganz anders verhält sich die Sache, wenn ein
Planetensystem, wie bei den Doppelsternen, zwei Son-
, um welche sich, als um zwei Centralkörper, alle
Körper eines solchen Systems bewegen. Hier werden
ehr so einfache, sondern vielmehr sehr zusammenge-
mme Linien von doppelter Krümmung beschrieben,
Bestimmung den Astronomen jener Systeme, wenn sie
ehen, ganz andere Schwierigkeiten darbietet, als uns
cheinungen unseres Systems, obschon an der Entwicke-
r letzten die scharfsinnigsten Gröfsen aller Zeiten und
sich abgemüht haben. Einen Anfang zu diesen Unter-
en findet man in LEGENDRE's Exercices du calcul in-
Vol. II, aus denen wir hier nur einige der vorzüglichsten
en mittheilen, und dabei voraussetzen, dafs jede dieser
onnen auf ihren Planeten nur nach dem verkehrten Ver-
s des Quadrats ihrer Entfernungen wirke, weil sonst, bei
n Annahmen über das Gesetz der Attraction, die Com-
n des Gegenstandes noch viel gröfser wird.

hen wir also zuerst voraus, dafs die anziehende Kraft,
ls die Masse der beiden Sonnen gleich grofs ist. In
einfachsten Falle beschreiben die Planeten, wie bei uns,
Ellipsen, in deren zwei Brennpuncten jene beiden Son-
en. Aber diese Ellipsen werden nicht auf die Weise,
unserem Systeme, beschrieben, wo nämlich die Ge-
digkeit im Perihel am gröfsten und im Aphel am klein-
, und wo sie zwischen diesen beiden extremen Puncten
ab- oder zunimmt. Bei denjenigen Ellipsen, welche
nen der Doppelsterne beschreiben, ist die Geschwin-
an den beiden Endpuncten A und A′ der grofsen Fig.
ich grofs, so wie auch an den beiden Endpuncten B 156.
der kleinen Axe, obschon sie hier kleiner ist, als dort.
Hiernächst bei uns jede Hälfte AB′A′ und A′BA der El-
in derselben Zeit zurückgelegt wird, so sind dort auch

die Zeiten durch die vier Quadranten AB′, B′A′, A′
unter einander gleich.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn zwar
Kräfte der zwei Sonnen noch gleich grofs, wie zuvor, abe
gesetzt sind, so dafs z. B. die eine Sonne den Plan
anzieht, als ihn die andere abstöfst. Auch dann besc
der Planet noch eine Ellipse, deren Brennpuncte vo
Sonnen eingenommen werden, aber die Geschwind
selben nimmt von dem Puncte A, wo sie am gröfs
und verschwindet dann völlig in dem Puncte B′. H
einen Augenblick still und geht dann durch densel
schen Quadranten B′A, in welchem er gekommen
zurück, erhält seine gröfste Geschwindigkeit in A
dann immer langsamer durch den Bogen AB, bis
schwindigkeit in dem Puncte B wieder völlig ve
wo er dann wieder durch den Bogen BAB′ wie
und gleich einem Pendel in diesem Bogen auf und
ohne je in die andere Hälfte B′A′B der Ellipse zu
Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs dieser Fall bei
pelsternen öfter vorkommen mag, da er mehr, als
geeignet ist, Collisionen zwischen den verschieden
eines Systems zu vermeiden.

Unter bestimmten andern Verhältnissen der be
und der ursprünglichen Geschwindigkeiten der Pla
eine in Gröfse und Gestalt veränderliche Ellipse
Fig. 157. Wenn z. B. der Planet von dem Puncte A ausgeht
Bogen ADB der Ellipse und die entgegengesetzte
selben zu durchlaufen, so kommt er am Ende di
nicht wieder in dem Anfangspuncte A, sondern in
dern Puncte A′ der verlängerten grofsen Axe BA a
Ende des dritten Umlaufs wieder in einem andern
bis er endlich auf diese Art zu den beiden Grenzp
und B_1 gelangt, von wo er wieder auf seinem vo
durch die Puncte A″ und A′ und A zurückgeht, u
letzteren Puncte A neuerdings auf seinen vorigen e
einlenkt, um so in einem bestimmten Raum AA_1
eine bestimmte Reihe von Revolutionen in immer
oder abnehmenden Ellipsen zu beschreiben.

Wieder in andern Verhältnissen der beiden Son
wird eine Art von in sich selbst zurückkehrender Do

ben, wie die Zeichnung sie darstellt. Der Planet geht von dem Puncte A seiner grofsen Axe durch die Hälfte der kleineren Ellipse, und tritt in B in die grofse Elderen Hälfte BCD er zurücklegt. Von diesem Puncte D dann durch den Bogen DEBbA wieder zu dem anden Puncte A zurück, um von da an eine neue Peines Umlaufs in zwei Ellipsen zu beginnen. Noch zugesetzter erscheint die Planetenbahn, worin drei Ellipeinander verschlungen sind, in welchen der Planet nach rlichen Ordnung der Zahlen 1, 2, 3... 13, 14, 1, 2... eitet. Diese Bahn hat vier sogenannte geometrische , nämlich die ersten beiden in den Puncten 1 und 3, en zwischen 7 und 8, und den vierten zwischen 13 , während die einfachere Bahn der vorhergehenden Fi- einen einzigen Knoten in B hat. Fig. 158. Fig. 159.

ber bestand die Bahn des Planeten immer noch aus el- oder Ellipsen ähnlichen Figuren. Es giebt aber auch wo diese Aehnlichkeit mit Ellipsen gänzlich verschwin- hat eine Bahn die Gestalt von neben einander liegen- len, die wechselsweise über und unter der grofsen einer Ellipse ACBD liegen, deren Brennpuncte F gleich die Orte der beiden Sonnen bezeichnen. Diese berühren in ihren äufsersten Puncten C, D, C′, D′... lipse, und diese Berührungspuncte nähern sich in imen Zwischenräumen den Puncten A und B der Elwährend die Durchschnittspuncte a, 1, 2, 3... ebenimmer engeren Zwischenräumen, aber nur bis zu den Endpuncten F und G fortgehn, doch so, dafs jene erührungspuncte die Scheitel A, B, und dafs diese hnittspuncte die beiden Brennpuncte F und G der Elnach einer unendlichen Anzahl von einzelnen Spira- Curve erreichen. Fig. 160.

e andere merkwürdige Planetenbahn ist die, wo wieder die Grenzellipse und F, G ihre Brennpuncte oder die zwei Sonnen bezeichnen. Der Planet, der von eincte E jener Ellipse ausgeht, durchläuft den Bogen nCD, und wenn er am Ende dieses Wegs in dem ancte D der Ellipse ankommt, geht er von da auf demWege DCnB... wieder zurück nach E, um von diecte E aus eine zweite Periode seiner Bewegung zu be- Fig. 161.

ginnen. Die Geschwindigkeit des Planeten ist in d
B am gröfsten, in den beiden äufsersten Puncten D u
Fig. 162. ist sie gleich Null. Endlich giebt es noch den einf
wo der Planet in dem Bogen CMD eine Hyperbel
deren Scheitel M in der grofsen Axe AB der Ellip
liegt, durch welche jener hyperbolische Bogen beg
Hier ist die Geschwindigkeit des Planeten in M a
während sie in den beiden Endpuncten C und D
verschwindet.

So mannigfaltig sind also die Gestalten der Pl
nen, wenn *zwei* Sonnen auf sie wirken, selbst wenn
hier geschehn ist, alle Curven von doppelter Krüm
auch unter den ebenen Curven noch alle diejenigen
welche ins Unendliche fortgehende Aeste haben,
man endlich noch voraussetzt, dafs für die Attracti
Sonnen nur das Newton'sche Gesetz Geltung habe.
von selbst, dafs ohne diese Beschränkungen die Anz
Verschiedenheit der hier vorkommenden Fälle noch
fser, ja wahrhaft unendlich grofs wird. Aber w
viel weiter gehenden Mannigfaltigkeiten hat sich die
bei jenen Systemen vorbehalten, wo nicht blofs zw
drei, vier und mehr Sonnen zugleich in einem Sy
schen, oder wo, wie in den oben erwähnten St
selbst Tausende von Sonnen sich in die Herrscha
ihnen unterworfenen Planeten theilen. Welche Kra
stes und der mathematischen Analyse wird erford
um die so wunderbar verschlungenen Bewegungen
dieser Systeme zu entwickeln!

Noch haben wir eine merkwürdige Eigenschaf
pelsterne zu erwähnen, die selbst schon bei dem
blick derselben zu augenfällig ist, um hier übe
werden. Unter den einfachen Fixsternen sieht man
nur solche, die in einem weifslichen Lichte glänze
dem Gelben und zuweilen dem Rothen etwas nähe
blaue oder *grüne* Sterne hat man, unter den einfac
bisher noch nicht gesehn. Nicht so bei den do
vielfachen Sternen, wo diese letzten Farben sogar d
schenden sind. So ist bei α Herkules und bei η
der grofse roth und der kleine grün; bei ζ Orion,

...gus ist der grofse gelb und der kleine blau; bei λ Aries, ...seus, β Orion, α Leo ist der grofse weifs, der kleine ... bei δ Serpens, ν Draco, so wie bei 28 und 59 Andro... sind beide Sterne blau; bei γ Andromeda ist der grofse ...e und der kleine smaragdgrün; bei δ Orion ist der grofse ... und der kleine purpurroth; bei ε Einhorn ist der grofse ... und der kleine blutroth; bei κ Argo ist umgekehrt der ...e blau und der kleine dunkelroth u. s. w. Welchen An... mag in jenem Systeme der Himmel gewähren, der von ... Sonnen mit so verschiedenen Farben beleuchtet wird! ...ganz anders würde dieser Anblick des Himmels und der ...n unserm eignen Systeme seyn, wenn unsere Sonne, wie ...früher allgemein glaubte, blofs ihr weifses Licht hätte, und ... dieses Licht nicht aus so vielen andern von verschiede... Farben zusammengesetzt wäre! Die ganze Oberfläche der ... würde uns *farblos* erscheinen, oder vielmehr alle Gegen... um uns würden in einer düsteren Bleifarbe zu trauern ...n, und unsere Häuser, unsere Gärten, Wiesen und ...r, ja der ganze Himmel selbst würde uns keine gröfsere ...hselung der Farben darbieten, als etwa unsere Kupfer..., mit welchen wir jene Gegenstände darzustellen suchen. ...tzt so schön gefärbte Regenbogen würde als ein einfa... weifser Lichtkreis erscheinen; die Fixsterne würden matt ...grauen Himmel blicken und der rosige Vorhang der Mor... und Abendröthe würde gleich der Decke unserer trüben ...tage seyn; das jugendliche Grün der Wiesen und Gär... Frühling würde in das welkende Blafsgelb des Herbstes ...n; der Diamant würde nicht mehr in dem Kranze der ...eit und in dem Diadem der Fürsten strahlen, und selbst ...en Züge des menschlichen Angesichtes, diese Verräther ...ersten Gefühle, würden weder mit dem Rosenlichte der ...blüthe prangen, noch selbst jene krankhafte Röthe an... können, die der verrätherische Vorbote der Auflösung ... oft willkommenen Befreiung von dem schlaflosen La... Schmerzes zu seyn pflegt.

...enn wir aber dieses wunderbare Farbenspiel der Natur ...dieser einzigen Sonne verdanken, welch ein Schauspiel ... uns erwarten, wenn wir durch irgend eine höhere Macht ...en Planeten jener Doppelsonnen versetzt wären! Eine ...Sonne erhebt sich über den Horizont des erstaunten Be-

obachters, und Erde und Himmel glänzen in ihrem Pur
In wenig Stunden folgt ihr eine andere, eine blaue, e
Sonne, und mit ihr verändert sich plötzlich die gan
Neue Welten scheinen sich mit diesen neuen Sonnen
seren Blicken zu erheben, Erd' und Himmel in steten
sel immer neue Gestalten und Farben anzunehmen,
mitten aller dieser Umwandlungen können wir den
allen Seiten umgebenden Proteus, können wir uns se
mehr erkennen. Nicht mehr würden wir, wie bisher
genstände um uns her durch ihre Farben unterscheide
abwechselnd in allen Farben erscheinen würden,
Himmel nicht mehr blau, die Wiesen nicht mehr g
Schnee nicht mehr weifs seyn, da jeder Gegenstand,
der Tageszeit, in allen Farben des Regenbogen
würde.

Bemerken wir zum Schlusse dieser Betrachtung
dafs man die Doppelsterne als die vorzüglichsten
Prüfung der Fernröhre vorgeschlagen hat. Da in der
meisten derselben als sehr scharf begrenzte, helle
Puncte an dem schwarzen Hintergrunde des Himmels
nen, so sind sie sehr geeignet, zu untersuchen, ob
ihnen auf das Objectiv eines Fernrohrs gesendeten Lic
wieder in zwei ebenso scharf begrenzte Puncte in de
puncte dieses Instruments vereinigt werden. Dazu kom
dafs, wenn beide Sterne grofs und hell sind und
sehr nahe an einander stehn, das sie in schlechteren
ren gewöhnlich umgebende parasitische Licht ihre
nicht mehr gut erkennen läfst, und dafs daher das v
vortreten dieser Duplicität im Fernrohre der beste B
die Abwesenheit jener so schädlichen Irradiation de
ist. Solche Doppelsterne sind z. B. α Zwillinge, γ Ju
grofser Bär und mehrere andere. Sind aber im G
beide Sterne, oder auch nur einer derselben, sehr k
wird wieder eine beträchtliche Lichtstärke und ei
raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs, wie sie H
nannte, erforderlich seyn, um so feine und lichtschwac
noch deutlich zu erkennen. Wir theilen daher eini
Doppelsterne zur Prüfung der Fernröhre verschieden
hier mit.

Sehr leicht und schon durch gewöhnliche achr

n von etwa zwei Fuſs Focallänge und zwei Zoll lassen sich die folgenden Doppelsterne erkennen:

e majoris. Distanz $\Delta = 14''$ und scheinbare Gröſse nd IV.
romedae. $\Delta = 11''$; Gröſse III, V.
pentis. $\Delta = 22''$; Gröſse IV, IV.
rulis. $\Delta = 31''$; Gröſse V, VI.
e. $\Delta = 44''$; Gröſse III, IV.

rkere Fernröhre, etwa von 4 Fuſs Brennweite und 3 ll Oeffnung, erfordern die folgenden:

inorum. $\Delta = 5''$; Gröſse III, IV.
ris. $\Delta = 7''$; Gröſse V, VI.
egli. $\Delta = 4''$; Gröſse V, VI.
ri. $\Delta = 6''$; Gröſse V, VI.
um. $\Delta = 6''$; Gröſse VII, VII.
minoris oder der Polarstern.
$\Delta = 19''$, Gröſse II, XI.

der besten Art werden für die folgenden Doppel- rdert:

ici. $\Delta = 3''$; Gröſse III, III.
alis. $\Delta = 2''$; Gröſse IV, VIII.
is. $\Delta = 2''$; Gröſse VI, VI.
in. $\Delta = 1''$; Gröſse VI, VII.
is (Rigel). $\Delta = 9''$; Gröſse I, X.
um (Atlas). $\Delta = 1''$; Gröſse V, XII.
ae. $\Delta = 1''$; Gröſse V, VI.
ae. $\Delta = 2''$; Gröſse IV, VII.
ae. $\Delta = 1''$; Gröſse V, VII.

gfich feine und nur durch ausgezeichnete Fernröhre e Doppelsterne können endlich die zwei folgenden

apricorni, $A = 302° 45'$; $D = 15° 19'$ südl.; Di- $\Delta = 3''$; Gröſse XVII, XVIII.
Equulei, $A = 318° 30'$; $D = 6° 6'$ südl.; Distanz 2"; Gröſse XIV, XV.

letzten ist der Begleiter selbst wieder doppelt. Ein welches diese zwei Doppelsterne deutlich zeigt, ist,

nach Herschel d. jüng., zu den schwierigsten Unte
geeignet, und nur wenn es diese Prüfung besteht,
Nutzen auf die zwei innersten Monde Saturns
äufserst lichtschwachen Satelliten des Uranus angew
den können.

G. Bewegung unseres Sonnensyste Weltraume.

Es ist bereits oben[1] gesagt worden, dafs die
Rotation der Sonne um ihre Axe zugleich ein Bew
diese Sonne auch eine progressive Bewegung im R
müsse, und dafs sie in der Bahn, die sie um eine
unbekannten Punct im Weltraume beschreibt, das
ihrer Planeten und Kometen mit sich ziehe. Der
schel suchte zuerst, wenn auch nicht die Gröfse
Richtung dieser Bewegung zu bestimmen, und sei
zufolge soll unser Sonnensystem jetzt einen solchen
ner Bahn beschreiben, dessen Tangente gegen das S
Herkules gerichtet ist. Es schienen ihm nämlich d
aus welchen dieses Sternbild zusammengesetzt ist,
ter aus einander zu treten, während die des Eridanu
des Herkules diametral gegenüber stehn, näher
rücken sollen, was er durch eine Annäherung an
auch durch eine Entfernung von diesen, zu erkl
Wenn man von zwei in der Zeit sehr von einand
Beobachtungen eines Fixsterns die Wirkungen der
so wie die der Nutation und Aberration, wegnimm
man eigentlich die beiden Orte des Sterns für jene
nicht weiter verschieden finden. Allein dieses
Fall, und man mufs daher voraussetzen, dafs je
noch eine *eigene Bewegung* habe, diese mag nur
auch blofs scheinbar seyn, in welchem letzten F
Folge der Bewegung unseres Sonnensystems seyn
che Bewegung sich also dann aus jenen Erschein
leicht ableiten lassen wird. Wenn nämlich jeder F
seine ihm eigenthümliche Bewegung hat, so mu
Wahrscheinlichkeit gemäfs annehmen, dafs diese

1 S. Art. *Sonne*. Bd. VIII. S. 848.

...hung auf ihre Gröfse und Richtung, alle mögliche ...dene Werthe haben, so dafs sich in ihnen im Allge... nichts Gemeinschaftliches, kein Gesetz zeigen wird, ...elchem sie einhergehn. Wenn aber diese Bewegungen ...bar sind, wenn sie nämlich, als blofse optische Täu... nur durch die Bewegung unseres Sonnensystems ent... wird sich, wenigstens bei den uns näheren Fixster... gewisse Uebereinstimmung dieser Bewegungen nach... müssen, die aus der Richtung der Bewegung der ...steht. Allein am wahrscheinlichsten werden diese ...alle zugleich statt haben, oder jeder Fixstern wird, so ... unsere Sonne, seine eigene Bewegung haben, und ...en die von uns beobachteten sogenannten eigenen ...gen derselben aus jenen beiden Ursachen entstehn, und ...en, aus ihnen die Gröfse und Richtung der Bewe... Sonne herauszufinden, wird dadurch offenbar sehr ..., da es uns im Allgemeinen nicht möglich ist, diese ...achen jener Erscheinung, die eigene Bewegung des ... und die unserer Sonne, von einander zu trennen.

...sogenannte eigene Bewegung (*motus proprius*) der ... die also nach dem Vorhergehenden besser die schein... ...egung (*mot. apparens*) derselben heifsen würde, ist ...en besprochen worden. Wir fügen hier nur noch ...ne Tabelle derjenigen Fixsterne hinzu, deren bisher ...e Bewegung sich durch ihre Gröfse auszeichnet.

	Eigene Bewegung während eines Jahrhunderts in Rectascension	in Declination
...sae majoris . .	164 Raumsec.	61 Sec.
... .	181 —	92 —
...idani	223 —	339 —
...idani	430 —	83 —
...phei	509 —	3 —
...gni	515 —	312 —
...siopeiae . . .	571 —	150 —

...kurz die Art anzuzeigen, wie man die Richtung ...egung unseres Sonnensystems aus jenen beobachteten

...rt. *Fixsterne.* Bd. IV. S. 333.

eigenen Bewegungen der Fixsterne finden könnte,
wir an, dafs unsere Sonne während eines Jahr
Fig. 163. Bogen AA′ beschreibe, der hier als eine gerade
nommen werden kann. Sey C ein Stern als unb
dacht, so wird er von der Sonne oder, was dass
der Erde aus, im Anfange und am Ende jenes Jal
S und in S′ am Himmel gesehn werden. Bezeic
Winkel ACA′ = π die seculäre Parallaxe unseres
der Winkel CA′B gleich m, wo B in der Verl
Bogens AA′ oder in der Tangente dieses Bogen
man endlich die beiden Distanzen AA′ = a und
hat man

$$\text{Sin. } \pi = \frac{a}{\varrho} \text{ Sin. m,}$$

wo π den gröfsten Werth hat, wenn CA′ senk
oder wenn m = 90° ist. In dieser Gleichung i
ϱ unbekannt, so dafs es daher unmöglich ist, au
soluten Werth der Parallaxe π zu finden. Sehen
ob sich wenigstens die *Richtung* der Linie AB
ten läfst.

Zu diesem Zwecke kann man zuerst suchen,
tungen der Linien AC, A′C, A″C..., welche d
Gesichtslinien für die auf einander folgenden Jahr
drücken, alle von einer einzigen geraden Linie A
werden, oder nicht.

Bezeichnen α und δ die Rectascension und D
Sterns von der Sonne oder von der Erde gesehn
man die Lage des Sterns gegen die Sonne auf d
Coordinaten x, y, z, von denen x in der Lini
gleichen und xy in der Ebene des Aequators li
man die bekannten Gleichungen

$$x = \varrho \text{ Cos. } \delta \text{ Cos. } \alpha,$$
$$y = \varrho \text{ Cos. } \delta \text{ Sin. } \alpha,$$
$$z = \varrho \text{ Sin. } \delta.$$

Nennt man aber nach hundert Jahren die beo
ascension und Declination desselben Sterns α' und
sie durch die Praecession auf die erste Epoche
worden sind, und ist A′C = ϱ', so hat man wie

$\varrho' \cos. \delta' \cos. \alpha'$,
$\varrho' \cos. \delta' \sin. \alpha'$,
$\varrho' \sin. \delta'$,
wird, dafs $\alpha\delta$ und $\alpha'\delta'$ blofs wegen
netensystems im Weltraume verschie-

und Z die analogen Coordinaten des
, gegen welchen die Bewegung der
d legt man durch das Auge des Be-
ne zwei scheinbaren Orte S und S'
o wird diese Ebene auch durch jenen

$= Mx + Ny$
e, so sind die Bedingungsgleichungen,
liese Ebene durch jene zwei Orte des
nct B geht, folgende:

$$\left.\begin{aligned} &= Mx + Ny \\ &= Mx' + Ny' \\ &= MX + NY \end{aligned}\right\}$$

diesen drei Gleichungen die beiden
etzt der Kürze wegen

$$\frac{X}{Z} \text{ und } Q = \frac{Y}{Z},$$

ng

$z - yz') P + (xz' - x'z) Q$ .. (I).

len nun alle Sterne nahe denselben
en, und da zwei Sterne hinreichen,
stimmen, so werden dann alle übrigen
azu dienen, diese Voraussetzung zu be-
en. Substituirt man in der Gleichung
rgehenden Werthe und für δ, δ' ihre
90° oder ihre Poldistanzen, so erhält
p sehr kleine Gröfsen sind,

$+ (\alpha' - \alpha) \sin. p \cos. p \cos. \alpha]$
$\sin. p \cos. p \sin. \alpha] - (\alpha' - \alpha) \sin.^2 p = 0$ (II).

ese Weise die Gröfsen P und Q, so
ascension A und die Declination D des
, gegen welchen die Bewegung des
st, durch die Gleichungen

$$\text{Tang. } A' = \frac{Q}{P} \text{ und}$$

$$\text{Tang. } D = \frac{\text{Cos. } A}{P} = \frac{\text{Sin. } A}{Q}.$$

Ex. Um den Gebrauch dieser Ausdrücke dur
spiel zu erläutern, so fand man für das Jahr 1760
telbaren Beobachtungen von α Aurigae

$$\alpha = 74^\circ\,44'\,59'',5;\quad p = 44^\circ\,16'\,27''5.$$

Bringt man bei diesen Zahlen die Praecession
oder

$$+ 46'\,1'',243 \text{ und } - 3'\,35'',604$$

an, so erhält man für das Jahr 1802

$$\alpha = 75^\circ\,31'\,0'',743 \text{ und } p = 44^\circ\,12'\,51'',8$$

Aber in demselben Jahre 1802 wurde wieder aus
Beobachtungen gefunden

$$\alpha' = 75^\circ\,31'\,14'',400 \text{ und } p' = 44^\circ\,13'\,12'',$$

Man hat daher für die zwischen diesen beiden B
enthaltenen 42 Jahre

$$\alpha' - \alpha = + 13'',657 \text{ und } p' - p = + 20'',$$

Substituirt man diese Werthe in der Gleichung
im Mittel $\alpha = 75^\circ\,8'$ und $p = 44^\circ 15'$, so erhält
Gleichung (II)

$$20{,}085\,P + 1{,}732\,Q - 6{,}649 = 0$$

Ebenso fand man

für	α Canis maj.	49,072 P	+	12,479 Q	+ 16
—	α Canis min.	40,428 P	+	12,774 Q	+ 28
—	α Bootis . .	29,073 P	—	78,312 Q	— 43
—	α Lyrae . .	12,216 P	—	6,466 Q	— 1

Um P und Q mit einiger Sicherheit zu finde
diejenigen Sterne wählen, deren scheinbare Bewegu
ten ist. Die Summe der Gleichungen für α Canis
giebt:

$$89{,}500\,P + 25{,}253\,Q + 44{,}760 =$$

und wenn man diese Gleichung mit der für α B
det, so erhält man

$$P = - 0{,}31174$$
$$Q = - 0{,}66760$$

und sonach für die Rectascension und Declination
B, nach welchem die Bewegung der Sonne gericht

A = 244°58′
D = 53°37′,

durch Herschel angezeigten Orte im
nicht sehr verschieden ist. Allein die
Sterne gaben für P und Q so wenig
nmende Werthe, dafs man die ganze
en liefs und jene Idee Herschel's als
l zu wenig begründete Hypothese be-

ten Zeiten hat Argelander diesen
enommen ihn mit der ihm gebüh-
genauer untersucht. Er fand, dafs
then hatte, wie denn von Männern
hingeworfene Ideen oft genug schon
äter gefunden haben. Argelander
fand als Endresultat seiner wohl un-
nden Rechnungen mittelst der Methode
r den Punct des Himmels, gegen wel-
des Sonnensystems gerichtet ist,
°50′; D = 32°29′,
t bei u Herculis zwischen ε und π

liche und neue Sterne.

kwürdigen Gegenständen des Himmels,
ührt worden sind, wollen wir hier
ten Zeit erhaltene Zusätze nachtragen.
enthält die vorzüglichsten der bisher
en Sterne. Die Rectascension und
für das Jahr 1800; die vierte Columne
lie Anzahl Tage, nach welchen der
gröfsten oder kleinsten Lichte gelangt,
umnen endlich geben die scheinbaren
eit ihres stärksten und schwächsten

1787. S. 224 u. 1789. S. 214.
hten. Nr. 363.
. IV. S. 341 u. 345.

Lichtes, wo O anzeigt, dafs der Stern zur Zeit sein
sten Lichtes gänzlich verschwindet.

Tafel der veränderlichen Ster

Namen der Sterne	Rectasc.		Declinat.		Periode in Tagen	gr
o Wallfisch (Mira Ceti)	32°	19′	— 3°	53′	331,96	
β Perseus(Algol)	43	48	40	11	2,8673	
Löwe . . .	144	12	12	21	311,4	
Jungfrau . .	187	5	8	5	145,46	
Hydra . .	199	42	— 22	15	494	
Schlange . .	218	4	15	3	353	
Krone . . .	235	5	28	47	335	
Schlange . .	235	22	15	45	340	
α Herculis .	256	23	13	37	60 oder 7	
Sobiesk. Schild	279	12	— 4	54	60,6	
β Leier .	280	41	33	9	6,44	
η Antinous .	295	34	0	30	7,17	
χ Schwan .	294	43	32	25	407,5	
δ Cepheus .	335	26	57	24	5,36	
Wassermann	353	32	— 16	23	382,5	

Ueber Mira Ceti und Algol ist schon oben
Vorzüglichste gesagt worden. Der dritte Stern de
zeichnisses, im Löwen, wurde zuerst im J. 1780
ein veränderlicher erkannt. Die Zunahme seines
85, die Abnahme aber 140 Tage. Der Stern in
wurde zuerst von Harding als ein veränderlicher
Stern in der Hydra fand Montanari im J. 167
in der Schlange des Ophiuchus entdeckte Hardi
wie Pigott den in der Krone im J. 1782. De
sonderbare Anomalieen in seinem Lichtwechsel, da
rere Jahre ganz unveränderlich erscheint und
offenbar seine Lichtstärke wechselt. Den D
Herculis erkannte Herschel d. ä. im J. 1795
derlich; die Zunahme seines Lichts dauert 22,
39 Tage. Nach den neuesten Untersuchungen
man seine Erscheinungen besser durch eine Pe
Tagen vorstellen. Die Sterne im Sob. Schild und
entdeckte Pigott im J. 1784 und 1795; die Sterne

ıkk im J. 1784, und den im Schwan
e endlich den im Wassermann Harding

ot es noch viele andere solche in ihrem
erne, die aber noch nicht bekannt sind,
en bisher noch nicht die Aufmerksam-
ie sie in so hohem Grade verdienen, wie
den oben angeführten die Epochen und
Verbesserungen bedürfen werden [1].

cheinen diese veränderlichen Sterne in
n unter einander überein zu kommen.
h röthlich, nach dem gröfsten Glanze
dunkelroth; die Zeit der Zunahme des
schwinder, als die der Abnahme; ihre
ist gewöhnlich gröfser als ihre gröfste,
nch die Perioden ihres Lichtwechsels so
es Lichtes in den verschiedenen Phasen
nd Anomalieen unterworfen, von denen
Grund angeben können.

ine Ursache dieses wunderbaren Licht-
hiedene Muthmafsungen aufgestellt. Wir
, ohne über ihren Werth entscheiden zu
, dafs diese Sterne, gleich unserer Sonne,
Axe haben, und an einer Seite lichtlos
dunklen Flecken bedeckt sind, wo sie
tbar oder ganz unsichtbar werden, wenn
zuwenden. Andere lassen grofse dunkle
ne gehn, die uns das Licht der letzten
wischen uns und jenen Sternen vorüber-
nehmen an, dafs diese Himmelskörper
ind, wo sie dann, wenn sie während
re grofse Axe uns ihre Kanten oder
nden, unsichtbar werden. Auch wollte
den Aufhellungen und Verdunkelungen
bwechselungen ihrer Atmosphäre oder
schen Anspannen und Nachlassen jener

Naturkraft zuschreiben, durch welche das Selbstle
Gestirne hervorgebracht werden soll, u. dgl.

I. Neue oder wieder verschwundene

Oefter schon hat man in früher ganz sternlose
des Himmels unerwartet einen meistens gröfsern
Stern gefunden, der früher nicht da gewesen sein
erste dieser *neuen* Sterne scheint derjenige zu se
Plinius[1] erwähnt, den Hipparch (150 Jahre v
gesehn hat, und durch den dieser grofse Astrono
worden seyn soll, das erste Sternverzeichnifs durc
tungen zu construiren. Er soll, wie Plinius hinzu
Instrumente zu diesem Zwecke erfunden haben, dur
ihre Gröfse und ihren Ort am Himmel bestimmen
mit die Nachwelt den Zustand des Himmels zu sei
fahren und jedes neu hinzugekommene Gestirn sogl
solches erkennen möchte. Dieses Sternverzeichnifs
Ptolemäus in seinem Almagest aufbehalten hat,
die gröfsten, mit freien Augen sichtbaren Fixsterne
wird diese Unternehmung, uns die Sterne des H
diese Weise gleichsam zuzuzählen, von Plinius
genes, die Gottheit beleidigendes Werk" genannt.
er zu unserm Sternkatalog der Histoire céleste od
sel's Zonenbeobachtungen gesagt haben, die beide g
Sterne enthalten?

Ein zweiter neuer Stern erschien im J. 389 n
zur Zeit des Kaisers Honorius, im Sternbilde des
soll durch drei Wochen an Glanz der Venus gleich
aber bald darauf wieder völlig verschwunden seyn,
pinianus, der ihn selbst gesehn haben will, erzählt
ten Jahrhundert beobachteten zwei arabische Astrono
und Albumazar, einen solchen neuen Stern im
dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln gli
nach vier Monaten ebenfalls wieder ganz unsichtbar
Jahre 945 zur Zeit des Kaisers Otto des Grofse
wie die Chronikenschreiber erzählen, einen solchen
hellen Fixstern zwischen dem Cepheus und der Cass

1 Hist. Nat. Lib. II. §. 24.

nan nahe an derselben Stelle wieder ein
ge Zeit bemerkt haben. Wichtiger, weil
der neue Stern von 1572, den TYCHO
. in der Cassiopeia zuerst bemerkt hatte.
iglichem Glanze und erschien auf einer
TYCHO früher durchaus nur sehr kleine
Er fand ihn so hell, dafs er selbst Ju-
anz überstrahlte, und dafs er sogar am
sichtbar war. Während der ganzen
konnte TYCHO weder eine Bewegung,
rallaxe dieses Sterns beobachten. Nach
n der Glanz dieses Gestirns allmälig
nwand endlich gänzlich im März 1574,
seiner Entdeckung, ohne dafs man seit-
n auffinden konnte. Bei seiner ersten
Licht blendend weifs, zwei Monate spä-
ch schwächer und gelblich; wieder in
es eine röthliche Farbe an, gleich dem
m-Stier, und im Anfange des Jahres
vor seinem gänzlichen Verschwinden,
in einem grauen, bleifarbenen, dem
ichte. GOODRIKE, dessen wir schon
ichen Sternen gedachten, ist der Mei-
hrten neuen Sterne von 945 und 1264
en Sterne von 1572 identisch sind, und
ebenfalls ein veränderlicher Stern seyn
er Lichtwechsel 150 oder vielleicht 300
ene zwei frühern Erscheinungen sind zu
sie eine solche Behauptung mit Sicher-
könnte, und es ist wohl wenig Wahr-
, dafs wir diesen Stern um das Jahr
ten.

Stern, dessen zuerst der Bischof MÜNTER
nt, erschien am 10. October des Jahres
des Ophiuchus. Er soll nahe so hell
gewesen seyn. Auch er verschwand im
Jahres 1605 wieder völlig. KEPLER
enes, auch in mehrern andern Beziehun-
chen [1].

ede Serpentarii. Pragae 1606.

Im Jahre 1670 am 20. Junius entdeckte Anti Stern der dritten Gröfse im Schwan, der schon nach naten zur fünften Gröfse herabsank und bald darauf sichtbar wurde. Der berühmte Dominicus Cassini diesen Stern schon eifrig während der ganzen Zeit s barkeit.

Unter den kleinern und seltener beobachteten mögen Erscheinungen dieser Art wohl sehr häufig s That kann man mehrere dieser kleinen Sterne, w Vorfahren in ihren Katalogen verzeichnet haben, nic Himmel, finden. Manche dieser Lücken mögen alle Ursprung in Beobachtungs–, Schreib– oder Druckfe aber es ist doch sehr unwahrscheinlich, dafs alle aus solchen Quellen entstanden seyn sollen. Jene len, von den berühmtesten Astronomen ihrer Zeit neuen Sterne aber lassen über ihre frühere Exis Zweifel übrig. Wie sollen nun Erscheinungen di klärt werden? Newton schrieb sie dem Auffla Kometen oder Planeten zu, der sich in seine S Vielleicht geriethen aber auch diese grofsen und an s Himmelskörper durch einen für sie verderblicher Brand, wo sie dann grofse Räume des Himmels m dernden Flamme erleuchteten und dann für immer Eine in Flammen untergehende Welt! Welch ein phe, wenn eine Sonne und mit ihr Tausende v und Kometen mit allen ihren zahllosen Schaaren v Wesen in so kurzer Zeit und auf eine so gewalt vernichtet werden.

K. Ursprung des Weltalls.

Das Weltall ist ohne Zweifel eben so wenig, Erde, die einen so kleinen Theil von jenem bildet, heren Zeiten immer in demjenigen Zustande gewese chem wir dasselbe jetzt erblicken. Da Alles in der schiedene Stufen seiner Ausbildung durchläuft, so wohl der gegenwärtige Zustand des Weltalls nur e zähligen Metamorphosen seyn, die dasselbe zu dure um den ihm von seinem Schöpfer gesetzten Zweck z Es wird aber sehr schwer, wo nicht unmöglich

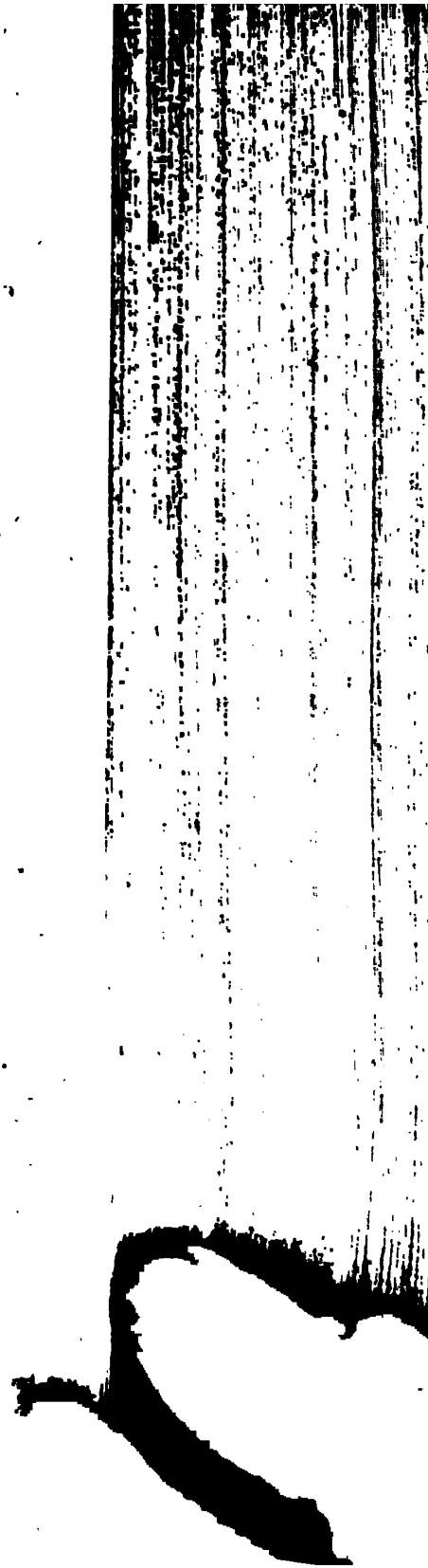
im Raum so weit von uns entfernten
Einiges mit Verläfslichkeit zu sagen.
re Zustand unserer eigenen Erde noch
so viel man auch, besonders in den
esprochen und geschrieben hat. Nur
Decennien haben eine ganze Masse
gefördert, die aber gröfstentheils, ohne
genstandes zu fördern, nur den Erzeug-
ezählt werden müssen, durch welche
end und Einem Mährchen noch eine
zugewachsen ist. Zwar wagt man es
hr, mit dem grofsen theologischen Geo-
hunderts die grofsen fossilen Zähne am
hne der gefallenen Engel auszugeben,
n dieser Art nicht mehr nach dem jetzt
e sind, so folgt daraus noch nicht, dafs
chfolgenden oder dafs die noch jetzt
unserer neumodischen Naturphilosophen
seyn müssen. Nach den letztern z. B.
diges, mit Sinnen und Eingeweiden ver-
das den animalischen Verrichtungen des
, Absonderns u. s. w. unterworfen ist,
die Ebbe und Fluth des Meeres und
gen auf und unter der Oberfläche der
fälligen Sicherheit erklärt werden, die
hörern keine weitern Zweifel zu erlauben
lerdings die Mühe beklagen, welche sich
en, ihre Einfälle mit den Gesetzen und
ur in Uebereinstimmung zu bringen, wenn
bequemer es sich ihr grofser Vorgänger,
Woodward, gemacht hat, der sich um
ng so wenig kümmerte, dafs er ohne
raussetzung ausging, zu jener Zeit müssen
Naturgesetze noch nicht bestanden haben
Weile wenigstens, aufgehoben gewesen seyn,
cheint, die nicht minder ewigen Gesetze
ch in seinem Kopfe, für einige Zeit we-
oder suspendirt gewesen, um dem Un-
elehrte Theolog auskramt, Platz zu machen.
erwarten, hier Nachrichten über den ei-

gentlichen Ursprung des Weltalls, über die erste E
desselben, weder der Sache noch der Form nach, zu
uns der Anfang aller Dinge unbekannt ist und wohl
mer mit einem undurchdringlichen Schleier verdeckt
Wir werden uns also begnügen müssen, auch nur eini
in diesen schwierigen Untersuchungen vorwärts zu
etwa denjenigen Zustand des Weltalls kennen zu le
in der nächstvorhergehenden Periode statt gehabt hat
Periode, die vielleicht Millionen Jahre vor unserer geg
Zeit voraus liegt, und doch zugleich unendlich weit
Epoche entfernt liegt, welche die erste Entstehung
genstände gesehn hat, eine Zeit, die für uns von ei
Nacht umhüllt wird, in die weder unsere Geschichte,
ser Verstand, noch selbst unsere lebhafteste Imag
dringen im Stande ist. Aber auch jene uns näch
steht doch immer noch so weit von uns ab, dafs kein
lichen Nachrichten bis zu ihr reichen können. Un
schengeschichte ist noch nicht volle vier Jahrtausend
vor dieser Zeit ist alles Mythe und Finsternifs. Wi
ser Zeit der Himmel, wie unser Mond, wie selbst u
ausgesehn hat, davon ist keine Nachricht bis zu u
men, darüber läfst sich also auch nichts Verläfsli
sofern wir nämlich alle unsere Kenntnisse der Na
den *Beobachtungen* derselben ableiten wollen. Und
chen andern Quellen sollten wir sie ableiten können

Indefs ist uns, wenn auch der Weg, doch nich
sicht zu diesem Ziele so gänzlich verschlossen, daf
nigstens eine genäherte Kenntnifs desselben als vö
unserem Bereiche liegend erklären müfsten. Wenn
Baum betrachten, der seinen Gipfel stolz zum Him
seine mächtigen Zweige weit umher über der Erd
tet und mit zahllosen Blättern, Blüthen und Frü
schmückt ist, so gehn wir wohl oft in Gedanken
das kleine unansehnliche Pflänzchen, auf das uns
Samenkorn, aus welchem sich dieser ganze prächtige
tausend merkwürdige Metamorphosen allmälig entw
Dieser Rückgang wird uns um so leichter, je genaue
Samenkörner kennen, da wir diese Verwandlunge
ersten Keimen dieses Korns, von den Kotyledonen, b
vollendeten Wachsthume an so vielen andern Bäume

sehen haben. Aber es würde uns nicht
venn wir diese allmälige Entwickelung
Reihe von Jahren auch nie in der That
n wir aber dafür plötzlich in einen Gar-
welchem wir eine grofse Anzahl dieser
ufen ihrer Entwickelungen erblickten, so
n jedem einzelnen Baume nicht nur sei-
tand, sondern auch, durch Vergleichung
lle die frühern Zustände erkennen wür-
ngen ist, so wie zugleich diejenigen, die
h durchwandern mufs, bis er endlich
tändig erreicht hat. Ganz in demselben
ch, wenn wir den Himmel über uns
estirnen betrachten. Wir können uns
ben kaum des Gedankens enthalten, dafs
r ein endloser Garten ist, der in einer
blühenden Gefilden die mannigfaltigsten
en ihres Wachsthumes enthält. Warum
des Himmels, gleich den Zierden unse-
ten nicht auch diese Zierden des himm-
ähnlichen stufenweisen Ausbildung und
n?

as oben (Abtheilung E) über die ver-
r Himmelskörper gesagt ist, näher be-
uns gleichsam gezwungen, diese allmä-
derselben anzunehmen. Hier erblicken
den des Himmels von mehrern Quadrat-
, düstern, formlosen Nebel überzogen.
e Nebelwolke bereits in einzelne klei-
reits in einem hellern Lichte dämmern
weise, unsern sogenannten Lämmerwol-
fser Anzahl neben einander stehn. In
vielleicht durch das Ineinanderfliefsen
eine gröfsere, hellere Wolke, ein ei-
der Anziehung, gebildet, um den sich
ersammeln, in dem diese mit der Zeit
Dort schimmert bereits eine solche an
egende Wolke, zwar noch Nebel, aber
heller und dichter und auch an ihren
ngelform sich nähernd. In jener noch



mehr abgerundeten Nebelkugel tritt bereits ein sterni
aus ihrer Mitte hervor. Hier hat sich dieses Licht
einen eigentlichen hellstrahlenden Fixstern zusamme
oder in mehrere solche Sterne, den Anfang einer ei
Sterngruppe (Abth. E), gespalten. Dort stehen zwei
reinem Sternenlichte aufgeklärte, hellstrahlende Körp
beiden Brennpuncten eines sie umfliefsenden elliptische
dort zieht ein anderer heller Stern noch einen spin
fächerartigen Nebelschweif nach sich, während an
andern Orten des Himmels schon ganz ausgebildete,
bellose, eigentliche Fixsterne entweder einzeln, oder pa
Doppelsterne, oder endlich wieder heerdenweise als
Sterngruppen gesehn werden. Sind diese letzten imm
wesen, oder sind sie erst aus jenen frühern Gestalten
mälige Entwickelungen hervorgetreten? Man kann nic
die letzte dieser Fragen bejahend zu beantworten, s
diesen erhabenen Gegenstand, soweit er uns erlaubt
betrachtet.

Zu demselben Resulate gelangte auch Laplace[1]
auf folgende Weise darüber ausdrückt: „Herschel, en
les nébuleuses au moyen de ses puissans télescopes,
progrès de leur condensation, (non sur une seule, s
ne pouvant devenir sensibles pour nous qu'après d
mais) sur leur ensemble, comme on suit dans une
l'accroissement des arbres sur les individus de di
qu'elle renferme. Il a d'abord observé la matière
répandue en amas divers, dans les différentes partie
dont elle occupe une grande étendue. Il a vu dans
uns de ces amas cette matière faiblement condensée a
ou de plusieurs noyaux peu brillans. Dans d'autres
ces noyaux brillent davantage rélativement à la nébu
les environne. Les atmosphères de chaque noyau v
séparer par une condensation ultérieure, il en résulte
buleuses multiples formées de noyaux brillans très
environnés chacun d'une atmosphère; quelquefois
nébuleuse, en se condensant d'une matière uniforme
les nébuleuses, que l'on nomme *planétaires*. Enfin

1 Exposition du Système du monde. Vme éd. Par. 1
p. 403.

sation transforme toutes ces nébuleu-
uleuses classées d'après cette vue phi-
une extrême vraisemblance leur trans-
es et l'état antérieur de nébulosité des
l'on *descend* par le progrès de la con-
nébuleuse à la considération du soleil
vaste atmosphère, considération, à la-
r l'examen des phénomènes du système

zu dieser von LAPLACE hier erwähnten
der Entstehung unseres *Sonnensystems*
uerst die vorzüglichsten Theorieen sei-
ezeigt haben.
ahrscheinliche Entstehung des Weltalls
aotischen Urnebel. Gehn wir nun zu
die man über die Entstehung unseres
llt hat[1].

ISTON's Theorie.

r unsere Erde, und ebenso jeder an-
ms, anfangs ein *Komet*, der sich wohl,
die Sonne bewegte, aber ohne sich um
n diesem Zustande konnte, nach ihm,
ewohner haben, sondern blofs einem
Nach vielen Millionen von Jahren
Erde zufällig mit einem andern Kome-
fing jene an, um ihre Axe zu rotiren.
entstandene Wechsel des Tages und
zen und Thiere und endlich auch die
fläche der Erde hervor. Nun begann
che Periode der Erde, die unser Ver-
lebhaften Farben schildert, als die dar-
terung der Menschen, die endlich so
, dafs es eines dritten neuen Kometen
chte Geschlecht durch sein Wasser zu
es, wie wir alle wissen, und bald wird
STON wufste, wieder so schlecht gehn,

. Bd. IV. S. 1245.

dafs ein vierter und letzter Komet nothwendig seyn Uebel für immer abzuhelfen. Dieser letzte Komet weder so stöfsig seyn, wie der zweite, noch so w der dritte, sondern er wird ein *feuriger* Komet sey auch die arme Erde mit allem, was in und auf i Staub und Asche verwandeln wird.

William Whiston, geb. 1667, machte sic früher Jugend durch sein mathematisches Talent s dafs er Newton's Nachfolger als Professor der Ma Cambridge wurde. Allein seine theologischen S die ihm viele Feinde machten, waren auch die Ur Entfernung (1710) von dieser Stelle. Seitdem London von dem Unterrichte, den er Privatpers Mathematik gab. Seine zwei hierher gehörenden W „A new theory of the earth von der Schöpfung b summation aller Dinge," Cambridge 1708 und sein mical principles," welche Schriften bei ihrer Ers die höchsten Producte des menschlichen Geistes wurden und jetzt selbst unter den Freunden der P welchen sie im Grunde gehören, völlig vergessen

II. Theorie des Leibnitz.

Leibnitz ging von der Voraussetzung aus, da neten und Kometen, unsere Erde selbst nicht ausge der Vorzeit wahre Sonnen gewesen sind, die aber, ein höheres Alter erreicht hatten, ihre frühere Juge gleich mit ihrer Fähigkeit der Selbstleuchtung verl wir sie jetzt nur noch in dem von der Sonne gebo sehn. Er war von dieser Hypothese so eingenomm sogar die Zeit dieses allgemeinen Erlöschens jener mit chronologischer Präcision in jener Epoche der S geschichte setzte, in welcher, nach Moses, „die Fin von dem Lichte trennte." Obschon aber Leibnitz mit seinem gewohnten Scharfsinne auszuführen un Reizen der Einbildungskraft auszuschmücken w man in seiner *Protogea* selbst nachsehn kann, doch wohl kaum der Erinnerung, dafs es sich hier nen Traum handle, dem nichts Wesentliches zum G um einen Traum, der, selbst wenn er wahr wäre,

runge des Sonnensystems nichts bei–
her kommen alle jene ursprünglichen
die noch jetzt scheinende Sonne nicht
geworden? Warum bewegen sich
le von West nach Ost in nahe kreis–
ahe in derselben Ebene um jene noch
nne? Diese und viele andere Fragen
t, wie denn überhaupt seine ganze
den vielen hingeworfenen Ideen ist,
Iann sich in denjenigen Stunden zu
lchen er das feste Feld der sicheren
lich bebaute, verliefs, um sich auf
rboden der Phantasie zu ergötzen.

ON's Hypothese.

n haben sich noch mehrere Andere
lienste zu erwerben bemüht. Wir
Einige derselben. BURNETT[1] z. B.
ichte der Genesis auf eine zuweilen
seinen eigenen höchst excentrischen
nd in Uebereinstimmung zu bringen.
rsprünglich harte chaotische Urmasse
innerer Kräfte in Stücke zersprengt
en sich sofort in den sie allenthalben
vegten Aether in eine wirbelnde Be–
sieht nicht recht, auf welche Weise,
herausgewirbelt wurden. PALLAS[3]
Welt, ohne alle Hülfe des Feuers,
Urmeeres ab. LAZARO MORO[4] wurde
bekannten Monte nuovo bei Neapel
pfungsgeschichte geführt, in welcher
er thätig ist, sondern Alles aus dem
MARSCHALL von BIEBERSTEIN[5] stellte

Lond. 1816.
Amst. 1685.
rmation des Montagnes. Petersb. 1777.
ez. 1740.
es Weltgebäudes. Giefsen 1802.

die Meinung auf, dafs die Planeten und ihre M
Conglomerate von Meteorsteinen, also desselbe
mit unseren sogenannten Sternschnuppen sind, u
gleichen Behauptungen mehr sind, die z. B. von Si
Maillet, Wrede, Lamont, Hutton u. a. m. z
bracht wurden.

Auch Buffon versuchte seine Kraft an diesem
Probleme, und seine Auflösung desselben wurde la
gemein bewundert. Nach ihm war im Anfange
blofs die Sonne mit einer Unzahl von Kometen
letzteren in allen möglichen Richtungen um die
ten. Einige von diesen Schwärmern mufsten mit
Sonne näher kommen, als es ihnen selbst lieb
Diese Begegnung konnte entweder in einer auf d
der Sonne beinahe senkrechten, oder in einer gege
fläche sehr schiefen Richtung vor sich gehen. In
stürzte der Komet auf die Sonne, um fortan mit
nur *einen* Körper zu bilden. Im zweiten aber m
met ein gröfseres oder kleineres Stück vom Son
reifsen, mit sich vereinigen und auf seiner wei
sich fortführen. Da die Sonne, wie Büffon sehr
flüssig ist, und da alle Kometen, wie er ebenfall
der Westseite kommen müssen, wenn sie die S
wollen, so erklärt sich dadurch, wie er sagt,
selbst schon die Entstehung sowohl, als auch d
Bewegung der Planeten von West gen Ost.
rissene Sonnenstück nämlich, das der Komet in d
nes Baches, eines Wasserschweifes hinter sich
trennte sich allmälig in mehrere Theile, die je n
schiedenen Entfernung von der Sonne auch eine
Geschwindigkeit hatten und die eben durch di
auch zugleich eine Rotation um ihre Axe, wiede
gen Ost, erhalten mufsten. Auf diese Weise
Planeten entstanden, und was die Satelliten betrifft
holte sich blofs dasselbe Schauspiel noch einmal
an den Planeten, welches wir oben an der Sonne

Der blühende Styl dieses Naturforschers und
cherheit, mit welcher er auftrat, erwarben ihm
Beifall. In der That liefs er sich, bei dem V
Romans, in das kleinste Detail seines Gegenstan

re er selbst bei der Entstehung unserer
ner gewesen. So behauptete er z. B.,
neten abgerissene Sonnenstück, aus wel-
entstand, volle 3000 Jahre im Zustande
weitere 34000 Jahre durch die Wirkung
ewesen sey. Am Ende dieser zweiten
noch ganz in der Atmosphäre gewesen,
ner so heifs war, dafs alles Wasser der-
andelt werden mufste. Endlich, nach
iel dieses allmälig erkaltende Wasser in
in reichen Strömen, aus der Luft zur
kte die Oberfläche dieser Erde bis auf
fufs. In den folgenden 20000 Jahren
ser allmälig in die Tiefen der Erde; die
rde allmälig trocken, und zwar zuerst
den, und was dergleichen Dinge mehr
ern alle als unbezweifelbare Wahrheiten,
inen Berechnungen (!) hervorgegangen
en sucht.

NKLIN's Erklärung.

bekanntem Gesetze ist die Dichtigkeit
ft ihrem Gewichte proportional, so dafs
dreifacher Druck auf ein gegebenes Vo-
ich zwei- oder dreimal dichter macht.
nkrechte, oben offene Röhre im Innern
nan an, dafs die Luft in dieser Röhre
sphäre dieselbe Temperatur habe, so
tz für alle Tiefen, d. h. für jede Dichte
in der Röhre bei einer Tiefe unter der
n 7,5 deutschen Meilen schon eine so
dafs auf ihr unser Wasser schwimmen
fe von 10,5 Meilen würde das Blei und
Meilen sogar das Gold auf der so ver-
nen müssen. Wenn aber der Druck,
erdichteten Luft lastet, plötzlich auf-
ehr verkleinert würde, wenn also die
sehr verdichteten Luftschicht ruhen-
fse, so würde jene dichte Luftschicht,

gleich einem unter dem Wasser ausgelassenen Korkhol
in die Höhe fahren und so lange steigen, bis sie mi
übrigen auf ihr lastenden Atmosphäre wieder im Gl
seyn würde. Dieses als bekannt vorausgesetzt ist e
ter nicht mehr schwer, Franklin's Hypothese geh
fassen. Er geht von der Ansicht aus, wonach uns
ihrem Innern nicht fest, sondern flüssig seyn soll,
Flüssigkeit hält er für so dicht, dafs auf derselbe
Körper, die wir auf der Oberfläche der Erde kenne
men. Er hält dafür, dafs diese innere Flüssigke
nichts anderes, als Luft ist, die aber durch die
mosphärische Luft nach dem erwähnten Mariotte'sc
bis zu jener gewaltigen Dichte zusammengedrückt
In dieser so stark verdichteten Luft werden sich nu
Körper, die entweder in sie gerathen oder die sich
ihren heterogenen Bestandtheilen entwickeln, jeder i
stimmten Entfernung vom Mittelpuncte der Erde s
wenn ihrer mehrere, in gleichen Entfernungen vo
telpuncte, zusammenkommen, so werden sie eine Art
eine Rinde oder Kugelschale bilden, welche die i
dichtere Luft ringsum einschliefst, und die an ma
Stellen so dünn und schwach seyn kann, dafs sie
von innen auf sie wirkende Kraft leicht dem Zerb
gesetzt wird.

Franklin nimmt dem gemäfs an, dafs alle We
den in ihr wirkenden Kräften anfänglich nur in
eines Dunstes durch den Raum des Universums v
wesen ist. Als nun die Anziehung der einzelnen T
Materie zu wirken begann, mufsten sich die schwe
theilchen dem Mittelpuncte immer mehr nähern,
sich vermöge ihrer Elasticität auch gegenseitig abs
gleich immer dichter werden, je mehr sie sich anh
durch dann eben die erwähnte Luft- oder Dunstku
den ist, in welcher sich die übrigen Körper auf die
Weise festsetzten. Viele dieser Körper, die anfangs
Fall zu tief in jenen verdichteten Dunst herabgesu
stiegen nachher wieder auf, schlossen sich an die
und bildeten endlich diese Kruste, diese Oberfläch
die wir bewohnen, und die jetzt so tief in die gan
eingesenkt ist, dafs blofs noch unsere gegenwärtige

emische Processe, Gasentwickelungen,
en, die unter dieser Kruste in der dort
t statt haben, werden diese Kruste an
echen, wodurch die neptunischen und
n erklärt werden können, die unsere
n zu haben scheint, oder sie werden,
ht durchbrechen können, dieselbe doch
utend erheben, wodurch unsere Berge
en endlich in jener untern Luft grofse,
hervorbringen, die sich auf Hunderte
id uns, auf der Oberfläche dieser Kru-
en. Dieser ursprüngliche Dunst, diese
materie, oder wie man sie sonst nen-
nserer atmosphärischen Luft identisch;
t nur ein Product oder auch der fein-
r haben bereits oben, bei Betrachtung
belmassen des Himmels, die Annahme
Urmasse sehr wahrscheinlich gefun-
SCHEL durch seine Beobachtungen be-
h schon NEWTON hegte, welcher der
nze Welt sich aus einem flüchtigen
habe, wie sich etwa Wasser aus Däm-
dafs dann dieser Niederschlag zu den
zusammengeronnen sey, die wir jetzt
e bemerken.

setzt LICHTENBERG hinzu, dafs auch
tzter Analyse aus Luft bestehn sollen,
r erinnere sich nur, dafs die Mischung
ebenfalls] Wasser gebe, und dafs aus
, ja dafs sich auch mehre Luftarten,
e der Temperatur, vielleicht in ganz
assen. Dasselbe Wasser, auf gebrann-
ärtet mit ihm zu einem steinartigen
uen machen, welche letzteren also ei-
Luftarten bestehn. Wasser entsteht
nzen entstehn aus dem Wasser, und
llein von Luft, Wasser und Pflanzen,
von Luft und von solchen Körpern,
gewesen sind. In diesem Sinne kann
se Thiere selbst früher Luft gewesen

sind, und dafs daher der Elephant mit aller seiner
seinem harten Elfenbeine aus Dunst zusammeng
wie Franklin's Welt. In der That, da die Natu
zen und Thiere nicht baut, wie wir unsere Häuser
dern da sie sich bei ihren Productionen derjenigen K
die sie in die kleinsten Elemente der Körper gele
da eben diese Kräfte nun wieder in den kleinste
wirksam sind, so ist immer und überall Flüssigkei
ste Flüssigkeit nöthig, damit sich alles finden und
fügen kann. Da aber auch diese Flüssigkeit, we
da wäre, sich bald in den unendlichen Raum ze
durch ihre eigene Schwere nach den tiefsten
würde, so müssen diese flüssigen Körper auch
d. h. in luftförmige Körper übergehn, und so si
letzter Instanz, immer wieder gezwungen, auf ein
dunst- oder luftförmige Materie zurückzugehn.

V. Laplace's Theorie.

Wenn wir die Einrichtung unsers Sonnens
betrachten, so bemerken wir in der Anordnung
aus welchen dieses System besteht, einige Eige
denen wir uns bisher noch keinen Grund angeben
aber dessenungeachtet höchst wahrscheinlich eine
müssen, weil sie *allgemeine* Eigenschaften des
oder weil sie bei *allen* Körpern desselben ohne A
merkt werden. Warum die Distanzen der Planet
vertheilt, warum die grofsen Axen ihrer Bahnen e
tet, warum die Massen und Dichtigkeiten dieser K
abgewogen sind, wie wir es jetzt in unserm S
bemerken, davon können wir keine Ursache ang
auch keine Veranlassung, eine solche Ursache auf
alle die genannten Elemente durchaus nichts Regel
gen, sondern blofs zufällig so vertheilt zu seyn s
sie es in der That sind. Aber ganz anders ve
Sache mit einigen andern Elementen der Planeten
denen man nämlich eine gewisse, allen diesen Bah
schaftliche Regelmäfsigkeit bemerkt.

Man hat nämlich, nicht ohne Verwunderung
dafs alle Planeten ohne Ausnahme in *derselben*

Sonne gehn; dasselbe sieht man auch
erkehren, die sich ebenfalls in derselben
ihre Hauptplaneten bewegen. Ja selbst
en der Planeten um ihre Axen gehn
rselben Richtung vor sich. Dieses ist
uffallend. Denn unser System, so weit
en, besteht aus eilf Planeten und acht-
lenjenigen Planeten, deren Rotation uns
bekannt geworden ist, kennen wir sechs,
e, unsern Mond, die vier Monde Jupi-
so wie den Ring des Saturn. Dieses
ierzig Bewegungen, die alle nach der-
ind. Eine so grofse Anzahl kann aber
eines blofsen Zufalls seyn. Nach den
lichkeitsrechnung kann man in der That
n Eins wetten, dafs dieser Erscheinung
e umfassende Ursache zum Grunde lie-
daher gleichsam gezwungen, anzuneh-
e uns unbekannte Kraft diese Regel-
gen von West gen Ost hervorgebracht

t minder auffallende Eigenschaft unseres
Excentricität, die wir beinahe bei al-
ellitenbahnen beobachten. Von den sie-
dieses, selbst bei Mercur, und auch
nterliegen Ceres und Vesta demselben
fs Pallas und Juno eine bedeutendere,
eine so grofse Excentricität haben, wie
at die gröfste Excentricität unter allen
he Komet hat die kleinste unter allen
verschieden sind doch noch diese beiden
entricität der Junobahn beträgt nur 0,25,
a'schen Kometenbahn schon 0,75 ihrer
nimmt. Dasselbe gilt auch von den
nen gegen die Ekliptik, oder vielmehr
ator. Diese Neigungen sind bei allen
nbahnen ungemein klein, und selbst bei
neten noch so gering, während im Ge-
en der Kometenbahnen alle Grade des
80° durchlaufen.

Wie sollen wir uns aber diese drei merkwürdig
thümlichkeiten unseres Sonnensystems erklären? So vi
dafs die eigentliche Ursache derselben schon bei der ers
hung dieses Systems wirksam gewesen seyn mufs,
nämlich diese Eigenthümlichkeiten, wenn man sie
erklären will, nur aus dem ursprünglichen Zustande
stems erklären kann. Franklin's oben mitgetheilte
geht, wie man gesehn hat, mehr die Entstehun
Ausbildung unserer Erde an, sie ist ein geologischer
mogenischer Versuch, und fällt daher hier aufser
trachtung; Büffon's Hypothese aber soll eine eigen
mogenie seyn. Sehen wir zu, ob sie jenen Eigenthü
des Sonnensystems entspricht. Büffon's Hypoth
offenbar sehr gut, warum die jährlichen Bewegung
neten alle dieselbe Richtung haben. Denn wenn
That alle durch einen Kometen entstanden sind, de
auf seinem Laufe die Oberfläche der Sonne streifte,
derselben mit sich fortgerissen hat, so müssen offe
entstandene Körper sich mehr in derjenigen Eben
die durch den Mittelpunct der Sonne und durch d
des materiellen Stromes ging, aus welchem sie ents
Allein die übrigen oben erwähnten Eigenthümlichk
Planetensystems werden durch diese Hypothesen of
erklärt, nämlich man sieht nicht, warum auch d
Bewegungen der Planeten und ebenso auch der S
ihre Axe alle nach einer und derselben Seite ge
und warum die Excentricitäten ihrer Bahnen alle nu
Wenn ein Himmelskörper auf seinem Laufe um die
selben so nahe kommt, dafs er die Sonne an ihre
beinahe berührt, so wird er, wie aus der Theorie
kräfte bekannt ist, bei jeder jährlichen Wiederkehr
ben Puncte seiner Bahn diese Oberfläche der Sonne
rühren, woraus denn folgen würde, dafs die Plane
sie den von Büffon aufgestellten Ursprung in der
hätten, nicht in nahe kreisförmigen, sondern umgek
excentrischen Bahnen um die Sonne laufen müfste
sieht man auch nicht, warum die Bahnen von m
bereits berechneten Kometen alle ohne Ausnahme
centrisch sind, wenigstens wird man von dieser
in Büffon's Hypothese keinen annehmbaren Grund fin

n Gegenstand auf folgende Weise zu
hes auch, sagt er, die wahre Ursache
Erscheinungen hervorgebracht hat, sie
das *ganze* Planetensystem ausgedehnt
die ungeheuern Distanzen berücksich-
en von einander und von der Sonne
jene Ursache wohl nur in einer durch
ausgedehnten, flüssigen Materie fin-
wird die Sonne, gleich einer unge-
geben und zugleich eine nahe kreis-
eselbe und zwar von West gen Ost
der Zeichen des Thierkreises gehabt
dafs die ursprüngliche Atmosphäre der
hr hohen Temperatur dieses Himmels-
die äufsersten Grenzen des Planeten-
esen ist und dafs sie sich in einer
len Jahrtausenden allmälig immer mehr
dadurch gegen den Mittelpunct der
. In jenem ursprünglichen Zustande
jenen Nebelmassen geglichen haben,
o viele am Himmel gezeigt haben, je-
en Lichtwolken, in deren Mitte man
hellen Kern, den künftigen Fixstern,
ensation, aus dem Niederschlage des
entstanden ist und sich, aus derselben
iehend, auch noch weiter ausbilden
lleicht ganz diffuse, auf einen unge-
weder scharf begrenzte, noch selbst
leskope bemerkbare Nebelwolke sich
von Jahren, auf einen Fixstern zu-
r eigentlichen Sonne ausgebildet hat.
ausgedehnte Atmosphäre der Sonne
sie die oben erwähnten übereinstim-
rotatorischen Bewegungen der Plane-
Wenn diese Planeten schon mit oder
ufserhalb derselben, da gewesen und
stehung durch ihre Bewegung in diese
en, so würden sie, in Folge des Wi-
s, alle in die Sonne selbst, in den
n Himmelskörpers gerathen seyn und

sich mit ihr für immer vereinigt haben. Man wird
nehmen müssen, dafs diese Planeten erst später, erst
ser Atmosphäre entstanden sind, dafs sie aus dieser A
selbst, nämlich an den verschiedenen Grenzen derselben
den sind, die sich durch die allmälige Verkühlung jener
heifsen Nebelmassen gebildet haben, wo sich, besond
Nähe des Aequators derselben, Krusten von gröfse
und Härte bildeten, die sich allmälig conglomerirten
förmige Körper bildeten und sich endlich von der s
weiter zusammenziehenden Nebelmasse trennten, um
ständige Körper für sich zu existiren.

Nach den Grundsätzen der Mechanik kann die A
der Sonne zu keiner Zeit wahrhaft unendlich gewe
ihre Grenze müfste dort sich finden, wo die aus ihre
hervorgehende Centrifugalkraft ihrer Schwere gegen d
punct das Gleichgewicht hält. Je mehr sich aber
mosphäre in der Folge der Zeiten zusammengezo
an ihrer jedesmaligen äufsersten Grenze verdichtet h
gröfser mufste auch die Rotationsgeschwindigkeit dies
werden. Dadurch wurde aber auch die Centrifugalk
Grenze gröfser, und dieses vermehrte wieder die M
und Wahrscheinlichkeit der Absonderung jener Körpe
den allmälig immer kleinern Grenzen jener Atmosph
Nähe ihres Aequators, wo die Centrifugalkraft am gr
durch die erwähnte Conglomeration derselben hervo
sind. Diese Körper mufsten auch, nachdem sie sich
Sonne getrennt hatten, ihre frühere kreisförmige Bew
die Sonne noch immer fortsetzen, eben weil an den
sie entstanden, die Centrifugalkraft derselben ihrer Sch
gen die Sonne nahe gleich gewesen ist. Für die ande
Aequator weiter entfernten Theile dieser auf einander
Erkühlungsschalen der Sonne war die Schwere gegen
telpunct gröfser, als ihre Centrifugalkraft, und die
mufsten sich daher dem Mittelpuncte immer mehr n
sie, auf diesem Wege, auch dem Aequator allmälig n
men und endlich auch hier wieder das Schicksal v
theilten, sich von der Sonne selbst trennten und al
bestehende, isolirte Körper sich um dieselbe bewegten.
entstehenden Zonen der durch die Abnahme ihrer T
verdichteten Sonnenatmosphäre bildeten wahrscheinlich

ren gemeinschaftlicher Mittelpunct das
. Die gegenseitigen Reibungen der
eden solchen Rings werden so lange
haben, bis sie endlich alle *dieselbe*
en haben und der ganze Ring im
egen konnte. Dann mufsten also die
tfernteren Theile des Ringes eine grö-
keit haben, als die näheren Theile.
nes solchen Dampfringes sich durch-
eten, so mufste aus ihm mit der Zeit
Strom oder selbst ein fester ringför-
Allein man sieht, dafs eine solche
und Abkühlung aller Theile eines sol-
en unzähligen, auf die Bildung des-
örungen wohl nur sehr selten sich er-
aben wir in unserm Planetensysteme
dieser Art, nämlich den Saturn mit
en mehrfachen, ihn concentrisch um-
einahe allen andern Fällen mufste ein
seiner vollendeten Bildung in mehrere
Stücke, deren Geschwindigkeiten un-
erschieden war, bewegten sich dann
z um die Sonne; sie nahmen, da sie
drucke leicht nachgebenden Massen be-
Mechanik gemäfs, eine sphäroidische
vegten sich (wie der Ring, aus dem
ursprüngliche Sonnenatmosphäre selbst,
standen) in *derselben* Richtung von
Sonne. Selbst ihre Rotationen um die
phäroide mufsten dieselben nach Ost
alten, da bei ihrer ersten Entstehung
Theile eine kleinere reelle Geschwin-
ntfernteren. Auf diese Weise entstan-
e selbst anfangs, wie die Sonne, aus
gingen, nur dunstförmige Körper ge-
en Dichtigkeit aber schon beträchtlich
hte der Sonnenatmosphäre in der Ge-
glomeration dieser Atmosphäre, ent-
er Stücke, die aus dem zersprungenen
r an Volumen und Masse bedeutend

gröfser, als die andern, zog daher diese andern a
nun sehn wir z. B. in der Entfernung des Mars,
vielleicht unzählige kleine Planeten nahe hinter
die Sonne kreisten, nur einen einzigen gröfsern
aus der Vereinigung von allen jenen entstanden ist
Centralkörper sich bewegen. Zwischen Mars und
in dem grofsen Zwischenraume, der die Bahnen
Planeten von einander trennt, scheint diese Verei
Körper zu einem einzigen nicht vollständig vor si
zu seyn, da hier die vier sogenannten neuen Plane
eines einzigen vertreten.

Diese allmälige Ausbildung der Planeten aus
läfst sich nun ebenfalls auf die Bildung der Satell
Planeten fortführen. Die anfänglich dunstförmige
Planeten bewegte sich jährlich um die Sonne und
seine eigene Axe. Aber auch hier, wie früher be
bildete sich gegen das Centrum des Planeten ein di
ein Mittelpunct der Anziehung; die anfangs sehr
heifse Dunstsphäre der Planeten zog sich durch Ab
gen ihren Mittelpunct zurück und setzte an ihren Gre
ders an dem Aequator, dichtere ringförmige Zonen
mehrere Stücke zerrissen, welche letztere wieder i
sche Massen sich umformten, von denen die g
übrigen an sich zogen und so den *Satelliten* die
ihre Entstehung gaben.

Man sieht, dafs bei einem solchen Ursprunge
sowohl, als auch der Satelliten die oben erwähnten
lichkeiten unseres Sonnensystems allerdings sehr
klären sind. Die Planeten bewegen sich alle in d
Sonnenäquators, weil sie aus einer Aequatorialzon
entstanden sind; sie bewegen sich in nahe kreisf
nien (in wenig excentrischen Ellipsen), weil ihre
wegung zu der Zeit, wo sie noch integrirende
Sonnenatmosphäre ausmachten, ebenfalls kreisförmig
bewegen sich alle gegen Ost, weil die ursprüngl
gung der Sonne ebenfalls östlich war, und sie dreh
in derselben Richtung um ihre Axen, weil die
nächsten Theile derselben an der Sonne eine k
schwindigkeit haben mufsten. Dasselbe gilt ebenfa
Satelliten in Beziehung auf ihre Hauptplaneten.

eine völlig regelmäfsige Weise, ohne
n wäre, so würden alle Bahnen der
nau kreisförmig seyn und die Ebe-
völlig mit dem Aequator der Sonne
zusammenfallen. Allein man sieht
Abweichungen, die in der Dichtigkeit
inzelnen Theile jener ursprünglich so
natmosphäre herrschen mufsten, die
tricitäten erzeugt haben können, die
beobachten.

des Ursprungs unseres Planetensy-
ometen nicht berücksichtigt worden.
unserem Systeme nicht ausschliefs-
rn als allgemeine kosmische Körper,
von einem Systeme zu dem andern
sich aus der durch den unendlichen
ch ausgestreuten Nebelmasse durch
nn diese Nebelwolken in die Wir-
e eintreten, so werden sie von ihr
ndern Körpern unsers Systems Linien
sie zu beschreiben. Da aber die
ihrer Geschwindigkeit, bei ihrem
sphäre der Sonne, jede mögliche seyn
Richtung ihrer Bewegung und die
willkürlich erscheinen, was mit den
n übereinstimmt. Auch die grofse
ahnen läfst sich auf diesem Wege auf
erklären. Wenn diese Bahnen el-
bekannten mechanischen Grundsätzen
n müssen, so können sie nur sehr
, weil ihre grofsen Axen wenigstens
ctionssphäre der Sonne gleich seyn
ncte sie die der Sonne angehörende
nen. Wir aber können diese mei-
ntschwachen Körper erst dann durch
, wenn die Periheldistanz derselben
ten der bisher berechneten Kometen-
distanz, die kleiner ist, als der Halb-
d keine hat eine doppelt so grofse.
se Axe der Ellipse, verbunden mit

einer so geringen Perihéldistanz, führt aber unmitte
grofse Excentricität der Ellipse.

Wenn solche Kometen zu jenen frühen Zei
Atmosphäre der Sonne oder die der Planeten n
Räume einnahmen, während ihrer Läufe durch d
räume in diese Atmosphären geriethen, so mufste
sen Dunstkugeln Spiralen beschreiben und in d
endlich in die Sonne oder auf den Planeten fallen
letzten Falle aber, durch ihren Zusammenstofs mi
ten, die Ebene der Bahn, so wie den Aequator
mehr oder weniger von den Sonnenäquator entfer
eine Verrückung der Pole und der Klimate des
zeugt wurde. Vielleicht ist dieses in der Vorze
Erde mehr als einmal geschehn, wie mehrere Ers
unsern jetzigen kalten Zonen, die sonst nur den
genden eigenthümlich sind, anzuzeigen scheinen.

Die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung wir
mehrere andere Gründe erhöht. Dafs die Plane
Monde anfangs in einem flüssigen Zustande wa
nun dieser Zustand durch Wasser oder durch eine
hervorgebracht worden seyn, folgt schon aus d
schen, an ihren Polen abgeplatteten Gestalt dieser
die merkwürdige Gleichheit der Umlaufs- und Ro
Satelliten führt nothwendig auf einen solchen e
oder vielmehr dunstförmigen Zustand dieser Kö
man annimmt, dafs diese beiden Zeiten anfangs n
sehr stark verschieden waren, so mufsten z. B
Monde, so lange er selbst nur eine grofse Dunstk
der Erde nächsten Theile auch am meisten von
gezogen werden, oder der der Erde zugewende
des dunstförmigen Mondes mufste durch diese A
Vergröfserung, eine gegen die Erde gerichtete Ve
leiden. Dadurch wurde der Mond gezwungen,
zugewendete Hälfte ihr auch im Allgemeinen imm
det zu erhalten, und in Folge der ursprünglichen
heit jener zwei Bewegungen, anfangs wohl gröf
der Folge immer kleinere Oscillationen um jenen
messer zu machen, bis endlich, in der Folge der
Oscillationen gänzlich vernichtet worden sind,
der Mond immer genau dieselbe Seite zuzuwende

leicht, dafs diese Gleichheit der Re-
n bei den Satelliten der Bildung se-
ndärer Ringe, aus den Atmosphären
steht, wie wir denn auch noch keine
den Satelliten unseres Planetensystems
gen entdecken konnten.

er des Weltalls.

en Abschnitte haben wir mehrere Ei-
ensystems kennen gelernt, aus welchen
Wahrscheinlichkeit, auf den ursprüng-
die Art der Entstehung desselben zu-
Sollte es nicht auch noch andere Ei-
allgemeinen Anordnung dieses Sy-
en wir auch vorwärts, auf die noch
ie endliche Auflösung desselben Schlüs-
igermafsen gegründete Vermuthungen
müfste uns allen ohne Zweifel sehr
hren, was mit jenen grofsen Körpern
it geschehn soll, wo wir und alles,
iebt, schon längst vom Schauplatze

fs allen Dingen dieser Erde eine mei-
er ihres Daseyns angewiesen ist, nach
und, wenigstens in dieser Gestalt,
; wenn jeder kommende Winter die
nd Blumen zerstört; wenn zahlreiche
ze Geschlechter von Thieren bis auf
er Erde verschwinden, wenn selbst
weltbeherrschende Nationen vorüber-
wie Bilder eines Schattenspiels, und
Nacht; wenn Alles, was uns um-
erissen wird in den Strom der Zeit,
dernd ab von diesen Bildern des To-
licke aufwärts in jene höhern Regio-
Trost und Sicherheit für die Zukunft
ms beruhigt, zu glauben, dafs auch
d unsere spätesten Nachkommen längst
ückgesunken sind, von dem sie ge-

nommen wurden, wenigstens diese Erde und je
ausgespannte Gewölbe des Himmels noch blei
stehn, dafs dieselbe Sonne und derselbe Mond,
uns so oft im Leben erfreute, wenigstens
Gräber beleuchten werde. Oder soll diese alles
unsichtbare Macht sich auch bis dorthin, bis in
senen Räume des Himmels erstrecken? Soll dies
diese Sonne und jene Millionen von Sternen, s
gehn und zerfallen, und dermaleinst eine Zeit
welcher von ihnen dort, wie von uns hier, kei
ist?

Kein Sterblicher kann sagen, ob die Erha
Planetensystems in der Absicht ihres unendlichen
legen hat. Newton spricht darüber, am Ende
seine Ansicht aus. Nach ihm müssen die gege
rungen der Planeten und Kometen in der Folge
grofs werden, dafs sie eine Zerstörung des ga
herbeiführen würden, wenn dasselbe nicht durch
Allmacht, die es erschaffen hat, wieder in Ordn
wird. Dieses scheint uns aber eine dem höchsten
unangemessene, unwürdige Vorstellung zu seyn.
Werk, um es zu erhalten, von Zeit zu Zeit aus
so ist es ein unvollkommenes Werk, und ein sol
wir annehmen, kann nicht von dem vollkommens
sen ausgehn. Wenn aber die endliche Auflösun
melskörper, wie die der Thiere und Pflanzen
durch das Abnutzen ihrer Theile als Folge des
ses in dem Zwecke des höchsten Wesens lag,
jene Ausbesserung, die doch dem gesetzten Zweck
entgegenwirken soll?

Wie sich dieses übrigens auch verhalten mag
nicht annehmen dürfen, dafs die Planeten und
im absolut leeren Raume des Himmels bewegen
eine immer weiter gehende Aenderung, ja selbst
Zerstörung dieses Systems unvermeidlich zu seyn
nahme eines leeren Raumes aber kann auf keine
tet werden. Wenn es in dem Weltraume auch
flüssige Materie gäbe, als die, welche zur Existen
nothwendig ist (dieses Licht mag nun, nach de
theorie, selbst materiell seyn, oder, nach der Und

eines überall verbreiteten Aethers be-
in schon hinlänglich, die Bewegungen
olchen Medium, in der Folge der Zei-
nordnung des ganzen Systems selbst,
die gegenwärtige Einrichtung desselben
e endliche Folge eines solchen wider-
rabstürzen aller Planeten und Kometen
[1].

an ohne besondere Erinnerung bemer-
de von äufseren, zufälligen Störungen
e sich nicht voraussehn und also auch
Wenn plötzlich ein Komet aus den
des Himmels zu uns herniedersteigen
en zerstören oder auf seiner Bahn mit
würde ein solches Ereignifs, so ge-
haben mag, doch in keinem noth-
e mit einer endlichen Zerstörung des
so wenig, als z. B. ein vom Blitze
Untergang der ganzen Gattung dieser
esorgen lassen könnte. Hier werden,
ch, nur diejenigen Unfälle gemeint,
ine, ihrer eigenen Organisation wegen,
so wie z. B. die immerwährenden Rei-
der menschlichen Maschine sind, aus
gewifs auf einen endlichen Stillstand,
Tod derselben schliefsen. Jene Stö-
sich selbst aber, von denen NEWTON
rhersagen wollte, lassen keine solche
s ist nämlich bereits an einem andern
s sie alle, auch die sogenannten secu-
t ausgenommen, nur *periodisch* sind,
eiträumen wiederkehren, und dafs sie
sind, daher sie auf den eigentlichen
ystems keinen Einflufs haben, also auch
auf keine Weise gefährden können.
sorgfältig die Natur auf die Erhaltung
ihrer Geschöpfe, und besonders auf

, zu Ende, die Gleichungen (S) und die
gten Bemerkungen.

die Fortdauer ganzer Geschlechter derselben bedach
Individuum gab sie den Erhaltungstrieb, die Lie
hänglichkeit am Leben, den mächtigsten aller Tri
in ihre Geschöpfe gelegt hat; die Dauer der Gesc
sicherte sie vorzüglich durch einen an Verschwe
zenden Reichthum von den zur Fortpflanzung d
stimmten Mitteln. Viele Pflanzen und Thiere e
solche Profusion von Samen, dafs, wenn auch
sendste Theil desselben zum Keimen gebracht wir
dauer des Geschlechtes schon vollkommen gesich
demselben Zwecke scheint sie aber noch andere,
richtungen getroffen zu haben, welche die ganz
gemeinsamen Wohnort jener Geschöpfe, betreffen.
änderlichkeit der beiden Pole auf der Oberfläche
ebenso die Stabilität des Weltmeeres, die beid
tung aller organischen Wesen so nothwendig si
von der Natur, jenem Zwecke gemäfs, eingeführ
seyn. Die Rechnung zeigt, dafs jene beiden so w
richtungen nur als ein einfaches Resultat der tägli
der Erde, verbunden mit der allgemeinen Schwer
Denn durch die Rotation würde die Erde an
abgeplattet, wodurch ihre Drehungsaxe eine de
axen des terrestrischen Sphäroids, also eine in ihr
stante Axe geworden ist, und dieser Einrichtu
wir bekanntlich die unveränderliche Gleichheit d
die regelmäfsige jährliche Wiederkehr der Jahresze
mate. In Folge der allgemeinen Schwere müf
schwereren Theile der Erdmasse dem Mittelpun
nähern, und so kam es, dafs die *mittlere Di*
gröfser geworden ist, als die Dichte der die Erd
deckenden Gewässer. Dieser Umstand allein sch
chend, das Gleichgewicht der Meere unserer Erde
ten zu erhalten und der Wuth ihrer Wogen ei
tigen Zügel anzulegen, damit sie nicht mehr a
staden treten und die Inseln und das Festland,
unzähliger Thiere und Pflanzen, mit ihren We
können.

Aehnliche Eigenschaften lassen sich aber auc
Erde, in jenen grofsen Räumen wieder finden, in
die Planeten unsers Systems bewegen, so dafs

egt, dafs die Dauer, die lange und
ystems mit in den Zwecken seines
sse.
nnd zugleich am meisten in die Au-
n für diese Absicht besteht darin,
alkörper dieses Systems, gegen die
berwiegend grofs sind. Die Masse
mal gröfser, als die Masse Jupiters,
ste Masse unter allen Planeten hat.
trifft siebenzigmal die Masse ihres
Noch viel gröfser aber ist der Ab-
erssatelliten gegen die ihres Haupt-
gröfste von diesen Satelliten hat eine
en zehntausendsten Theil der Masse
berlegenheit der Centralkörper, diese
ntung jenes Systems, nach welcher
Unterthanen an innerer Kraft (denn
weit übertrifft, diese Einrichtung
ystem vor allen Unfällen, die von
selbst von äufseren Einwirkungen
ben hervorgebracht werden könnten.
ers auf seine Monde, durch eine
sehr verkleinert oder ganz aufge-
diese Monde, die wir bisher mit ei-
n Ordnung um ihn sich bewegen
Weltraume nach verschiedenen Seiten
den sehr excentrische Ellipsen, gleich
ne, beschreiben, und die andern
lischen Bahnen, von der Sonne und
ysteme ohne Ende entfernen.
sich, wie es scheint, der Urheber
seinem grofsen Werke die nöthige
en oben gesehn, dafs die Bewegun-
sselbe gilt auch von den Satelliten)
West nach Ost, statt haben, und
gehn, die sämmtlich nur sehr wenig
und deren Ebenen endlich nahe alle
sen drei Eigenthümlichkeiten unseres
oben auf die näheren Umstände der
führt haben, gehen zugleich wun-

derbarer Weise die Mittel für die *Erhaltung* dess
Höhere mechanische Betrachtungen haben die Geo
nige sogenannte Bedingungsgleichungen geführt,
den Elementen der Planeten statt haben. Wir
ben hier kurz anführen. Nennen wir a die hall
der Bahn, und m die Masse eines Planeten, je
des Erdbahnhalbmessers, und diese in Theilen
masse ausgedrückt, sey ferner e das Verhältnifs
cität einer Bahn gegen die grofse Halbaxe der
Neigung dieser Bahn und k die Länge des aufste
tens derselben in Beziehung auf die Ekliptik; fü
ten und dritten Planeten wollen wir dieselben
e, n und k durch einen, durch zwei Striche u. s
nen, und der Kürze wegen das Product $m\sqrt{a} =$
$m'\sqrt{a'} = b'$, $m''\sqrt{a''} = b''$ u. s. w. setzen.
nommen, haben wir für die erwähnten Bedingu
folgende Ausdrücke:

$$b.e^2 + b'.e'^2 + b''.e''^2 + \ldots\ldots\ldots =$$
$$b.\text{Tang.}^2 n + b'.\text{Tang.}^2 n' + b''.\text{Tang.}^2 n'' + \ldots =$$
$$b.\text{Tang.}\, n \,\text{Sin.}\, k + b'.\text{Tang.}\, n' \,\text{Sin.}\, k' + b''.\text{Tang.}\, n'' \,\text{Sin.}\, k'' + \ldots\ldots =$$
$$b.\text{Tang.}\, n \,\text{Cos.}\, k + b'.\text{Tang.}\, n' \,\text{Cos.}\, k' + b''.\text{Tang.}\, n'' \,\text{Cos.}\, k'' + \ldots\ldots =$$

Diese Gleichungen zeigen also vorerst, dafs di
Producte, aus welchen die einzelnen Glieder di
gen bestehn, nämlich der Producte von b in die
e, oder in die Quadrate von Tang. n u. s. w.
ten zusammengenommen, gleich einer gewiss
Gröfse ist. Allein unser Planetensystem ist
Zweifel nicht blofs zufälliger Weise so beschaf
diese vier Constanten, wenigstens so wie die Sach
durchaus gegen die Einheit nur sehr *kleine* Gröfs
bei jeder einzelnen Planetenbahn sind die Massen
gegen die Sonnenmasse ganz ungemein klein, so
deswegen auch jene Producte nur sehr klein
selbst wenn ihre übrigen Factoren bedeutend g
gegen die Einheit, seyn sollten; dieses ist aber
Fall, dafs vielmehr diese andern Factoren gewöhnl
sehr kleine Brüche bezeichnen. So ist z. B. die

n nur klein, und daher ihr Quadrat noch
gilt auch von den Neigungen n der
ie Ekliptik, also auch von ihren Tan-
as der Theorie der Perturbationen be-
icitäten, die Neigungen und die Kno-
zwar allesammt veränderlich sind, dafs
n keineswegs progressiv ohne Ende fort-
vielmehr, gleich den Bewegungen eines
meistens sehr enge Grenzen eingeschlos-
chen sie in dem Laufe der Zeiten ihre
en Schwingungen machen, ohne jene
ten, d. h. also mit andern Worten: jene
klein sind, sind auch immer nur klein
auch in der Folge bleiben.

as alle diese Producte zugleich durch-
zeichnen, so folgt aus dem Vorherge-
ch die vier oben erwähnten Constanten
e Gröfsen gegen die Einheit seyn kön-
Glieder, aus welchen sie bestehn, nur
ine Gröfsen sind. Dieser Schlufs würde
wenn einige dieser Glieder auch nega-
en, weil dann die Kleinheit der ein-
ichungen offenbar nicht mehr nothwen-
auch schon ihre Summe (d. h. die Con-
n) zu solchen kleinen Gröfsen zu ma-
öfter erwähnte Eigenthümlichkeit un-
elchem nämlich alle Planeten desselben
chaftlichen Richtung von West nach
rch den Gang der mathematischen Ana-
uf die Vorschrift, dafs von den dop-
ratwurzeln γa, $\gamma a'$, $\gamma a''$..., die in
chungen enthalten sind, *nur die posi-*
sollen.

onstanten der vorhergehenden Gleichun-
ur kleine Gröfsen sind, und, eben weil
ch solche kleine Gröfsen bleiben, so
lieder auf der linken Seite des Gleich-
ie an sich veränderlich sind, doch im-
röfsen seyn und bleiben, oder mit an-
den beiden ersten jener Gleichungen

unmittelbar folgt, die Excentricitäten und die Nei
Planetenbahnen können sich nie sehr weit von denje
then, die sie gegenwärtig haben, entfernen, oder e
ganze Planetensystem ist, durch seine ihm eigenthü
richtung, gezwungen, sich immer um einen gewis
Zustand desselben zu bewegen, und *in ihm selbst*
was auf eine gröfsere Störung seines Gleichgewicht
eine endliche Zerstörung oder Auflösung desselben fü

Wir haben bisher unter den Störungen der P
Planetenbahnen vorzüglich die Excentricität, die N
die Knoten derselben betrachtet. Allein es gieb
andere, die eine eigene, nähere Untersuchung verdi

Die erste ist der *Ort des Perihels* oder die La
fsen Axe im Weltraum. Diese Lage der *Apsiden*[1]
allen übrigen Elementen der Planetenbahnen eine
Ausnahme. Sie ist nämlich das einzige Element,
der Zeit immer progressiv fortgeht, oder mit a
ten, die Länge des Perihels durchläuft allmälig all
der Peripherie, während alle übrigen Elemente, die
die Neigung, die Knotenlänge u. s. w. nur zwisch
stimmten, meistens sehr engen, Grenzen period
nieder gehen. Wegen der Aenderung dieser übrig
ist zwar die Bewegung der Apsiden bald etwas lan
wieder geschwinder, aber dessen ungeachtet gehen
Planeten, in Beziehung auf die Nachtgleichen, imm
so dafs sie sich von diesen Nachtgleichen auf de
mit der Zeit immer mehr und mehr entfernen. Al
cher Weise hat eben *nur* bei diesem Elemente ein
render Fortgang nach derselben Richtung auf den
die Dauer des Systems keinen wesentlichen Einflu
fenbar ganz gleichgültig ist, nach welchen Fixste
sidenlinie gerichtet seyn mag, um so mehr, da
bahnen alle ohnehin nur sehr wenig von der Kre
schieden, und da sie unter einander durch so gro
getrennt sind, so dafs die gegenseitige Lage der P
einander durch eine veränderte Lage der Apsiden
lich geändert werden kann. Ganz anders verhält
den drei andern Elementen. Denn wenn z. B.

---

1 S. Art. *Apsiden*. Bd. I. S. 347.

oder wenn die Ebenen dieser Bahnen
önnten, so würden sich diese Planeten,
n stark geändert werden, nahe kommen,
n, und dadurch die Existenz des Systems
. Oder wenn auch nur die Excentri-
r würde, so würden die Bahnen sehr
n und die Planeten endlich zu nahe bei
. Selbst die Oberfläche der Planeten,
pfe auf derselben, würden den nach-
olchen immerwährenden Aenderung der
n haben. Es läfst sich nämlich durch
der mittlere jährliche Betrag von Licht
Sonne der Oberfläche jedes Planeten
e der elliptischen Bahn dieses Planeten
er Gröfse der Excentricität abhängig ist,
ne solche Aenderung der Excentricität,
re Temperatur der Oberfläche des Pla-
nheit seiner Jahreszeiten eine völlige
le.

erhält es sich mit dem letzten der hier
te, mit der *grofsen Axe* der Planeten-
t schwer, sich zu überzeugen, dafs jede
Aenderung in dem absoluten Werthe
wie bei den übrigen Störungen, in ei-
n Ab- und Zunehmen bestehen könnte,
hwendig mit der Zeit immer mehr an-
en oben gesehen, dafs es von der Ge-
Planet in den beiden Puncten seiner
n die Bahn desselben eine Ellipse, eine
bel seyn soll. Ist nämlich (wie oben
die Charakteristik des ganzen Planeten-
se Axe der Bahn und r die Entfernung
ahn von dem Mittelpuncte der Sonne,
chwindigkeit v des Planeten in jedem
Ausdruck

$$= \mu \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}.$$

$= a\,(1-e)$, also auch die Geschwin-

$$V = \frac{\mu}{\sqrt{a}} \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}.$$

Für die Erde hat man $a = 1$ und $e = 0{,}016$ auch die Geschwindigkeit der Erde in ihrem Peril einer Zeitsecunde

$$V = 0{,}017493,$$

oder endlich

$$V = 4{,}17 \text{ geogr. Meilen,}$$

deren 15 auf einen Grad des Aequators der Erde g also ist die Geschwindigkeit der Erde in ihrem P rend einer Secunde 4,17 Meilen, und eben darum b auch die Ellipse um die Sonne, in welcher sie sich tig in der That bewegt. Eine obgleich andere, me sche Ellipse würde sie auch noch beschreiben, we schwindigkeit im Perihel etwas gröfser wäre, als sie selbst noch 5,84 Meilen in einer Secunde betrü diese Geschwindigkeit aber noch weiter wächst, sie keine Ellipse mehr. Beträgt nämlich die Ges 5,85 Meilen in einer Secunde, d. h. nimmt die der Erdbahn so weit ab, dafs der Werth von V i Gleichung

$$V = \mu \cdot \sqrt{\frac{1+e}{a(1-e)}},$$

gleich 5,85 wird, so geht, für diesen speciellen V die Erdbahn plötzlich in eine *Parabel* über, un Gröfse V noch weiter bis ins Unendliche wächst, Erdbahn sogar in eine *Hyperbel* über, und in allen ten Fällen entfernt sie sich auf ihrer nicht mehr g Bahn immer weiter von der Sonne, bis sie endlich tractionsgebiet anderer Sonnen gelangt und unserm alle Folgezeiten ganz fremd bleibt.

Aehnliche Betrachtungen gelten auch für alle neten. Die geringste Aenderung der grofsen Axen würden diese Planeten entweder in hyperbolischen aufser dem Bereiche unserer Sonne bringen, oder a gegengesetzten Falle, diese Planeten in die So Beide Ereignisse könnten aber für die gegenwärtige und für die weitere Dauer des Systems nur von s lichen Folgen seyn.

bare Einrichtung ist aber eben dieses
e a der Bahn, zugleich das einzige,
'eränderung erleidet und immer den-
dann natürlich auch von der sideri-
, die nach Kepler's drittem Gesetze

$$\mu = \frac{2\pi \cdot a^{\frac{3}{2}}}{T}$$

Axe abhängig ist.

würdige Beständigkeit der grofsen Axe
in reines Resultat der höheren mathe-
chnungen, und dasselbe wird durch
as Vollkommenste bestätigt. Es ist in
n Artikel gezeigt worden, dafs die
ten durch Vergleichung der ältesten
en der neuern Astronomen auf das
n können, und nach diesen Bestimmun-
ten, also auch jene grofsen Axen der
t gefunden worden. Es ist aber dieses,
schönsten und wichtigsten Entdeckun-
nde den neuern Fortschritten der ma-
erdankt, und die uns zugleich lehrt,
Zahlen, mit welchen sich die höhere
ft die gröfsten Geheimnisse der Natur
Analysis giebt nämlich für den allge-
törungen der grofsen Axe einer jeden
von vielen Gliedern, deren jedes die
he jeder einzelne der andern Planeten
ausübt. Wenn man aber in diesen
emeinen Zeichen diejenigen Zahlen sub-
störenden Planetenbahnen eigenthümlich
n mit Verwunderung, dafs *alle* Glieder
eitig aufheben, d. h. dafs die grofse
nbahn durch die Einwirkung aller übri-
det.

el aber hat die Natur diesen für die Er-
Werkes so wichtigen Zweck erreicht?
, die auf den ersten Blick eben so ge-
rscheint. Die Umlaufszeiten, also auch

die grofsen Axen, sind nämlich von der Natur s
worden, *dafs sich je zwei derselben durch ganze*
genau ausdrücken lassen, oder, wie man kürzer zu
dafs die Verhältnisse der Umlaufszeiten der Planet
ander *irrational* sind. Diese wenigen Worte
ganze Geheimnifs, durch welches die Natur ihre
Siegel der immerwährenden Dauer aufgedrückt hat
einfache Einrichtung, dafs sie hier, wie beinahe i
Operationen, die Irrationalzahlen, die sie besond
scheint, gewählt hat, durch diese, wie es uns schei
fügige Einrichtung hat sie ihren grofsen Zweck,
des Ganzen, erreicht. An einem so feinen Fad
die Dauer unseres ganzen Planetensystems, und so
es der Natur zu kosten, ihr grofses Gebäude vor
zu bewahren. Die Umlaufszeit Jupiters beträg
und die des Saturn 10759 Tage. Diese beiden Z
ten sich nahe wie die zwei ganzen Zahlen 2 und
sich aber jene Umlaufszeiten *genau* wie 2 zu 5 v
würde, wie die Perturbationsrechnungen zeigen, a
seitigen Einwirkung dieser zwei gröfsten Planeten
stems eine immer fortgehende Aenderung der grofs
Bahnen folgen, und diese beiden Planeten würd
sich selbst, sondern am Ende auch alle übrigen
stören. In der That hat schon der Umstand, dafs
Umlaufszeiten sich nur nahe wie 2 zu 5 verhalte
Störungen dieser zwei Planeten unter einander zu
rungen, die nahe ein ganzes Jahrtausend umfasse
welchen *jetzt* Jupiter sich immer mehr von der S
während Saturn sich ihr nähert.

Diese Einrichtungen also, dafs die Centralk
Systems so überwiegende Massen haben, dafs die
aller Planeten um die Sonne, und ebenso aller
ihre Hauptplaneten, nach *derselben* Richtung vor si
die Bahnen aller dieser Körper nahe kreisförmig
auch immer bleiben müssen, und dafs endlich die
derselben unter sich incommensurabel sind, diese be
würdigen Einrichtungen unseres Sonnensystems zei
die Elemente desselben durch eine höhere Weish
Zwecke angeordnet worden sind, der auf eine gr
des Systems und auf eine sehr lange Dauer desselb

in ihm selbst nichts gefunden wer-
Ursache seiner künftigen Auflösung

rachtungen scheint es daher, dafs der
Natur alles so eingerichtet habe, um
Werkes zu sichern, und dafs er in
en Sonnensystem von denselben An-
welche er auf unserer Erde, auf eine
Weise, für die Erhaltung der Indi-
ir die von ganzen Geschlechtern sei-
hat.

Dauer von vielen Millionen Jahren
gesichert wäre, eine noch so lange
ne *ewige Dauer*, und *diese* ist durch
ens steht sie aufser dem Bereich aller
Eine endliche Zerstörung oder doch
ng des Sonnensystems kann ebenso,
rhaltung desselben, in dem uns un-
sjenigen liegen, vor dem Tausende
Augenblick sind. Auf unserer Erde
am wenigsten unbekannt ist, finden
r Erwartung einer ewigen Dauer be-
Geschlechter von Thieren und Pflan-
hlreichen Lagern von Versteinerungen
änzlich von der Erde verschwunden
äler von weitverbreiteten Verwüstun-
der Vorzeit erlitten hat, zeigen sie
r Natur, alles zu verändern, selbst
uns scheint, das Siegel der längsten
Dafs die Sonne mit allen ihren Pla-
röfser und wichtiger scheint, als die
r der Natur, der nach andern Mafsen
i jenen Körpern eine Ausnahme von
zu machen. Sie sind nur so grofs,
nd, und das ganze Planetensystem ist
r übrigen Welt, nur ein unmerkbarer
mehrere Sterne kennen gelernt, deren
periodisch ändert; andere sind sogar
achdem sie zuvor durch eine längere
fzulodern schienen. Welche aufser-

ordentlich gewaltsamen Veränderungen müssen auf d
Körpern vorgegangen seyn, um uns in diesen
noch ein solches Schauspiel zu gewähren? Al
oben, in den hohen Räumen den Himmels, sehn
tur zwar für die Erhaltung aller geschaffenen W
und Sorge tragen, aber auch zugleich sehn wir di
sen, wenn ihre Bestimmung erreicht ist, abtrete
Schauplatze, um die von ihnen eingenommenen
Nachfolgern zu überlassen. Dieselben Wechsel
immer wiederkehrenden Bilder der Geburt und de
uns hier unten auf der Erde umgeben, treten üb
ungemessenen Regionen des Weltalls wieder auf.
in dem unermefslichen Gebiete der Schöpfung W
Zunahme bemerkt wird, da sieht man auch Abnah
wo immer im Wechsel der Dinge Fortgang ist,
Untergang, und was einen Anfang genommen hat
den ewigen Gesetzen der Natur, in der Folge der
sein Ende finden. Alles, was Körper und sonach
eilt, wenn es seine Zeit gedauert und seine Besti
hat, der Auflösung entgegen, von der es durch k
rückgehalten werden kann. Sowie auf den Gi
Berge und in den Abgründen der Erde die V
und Ueberreste der Thiere und Pflanzen einer läng
denen Vorwelt zerstreut liegen, so werden auch e
schen Trümmer jenes grofsen himmlischen Baue
dem Weltraume zerstreut werden. Diese Sonne
und die zahllosen Sterne des Himmels werden v
an ihrer Stelle werden sich andere erheben, die
wenn sie ausgeblüht haben, abfallen werden, wie
mit denen die Winde spielen, und dieselbe Welle
lange getragen und endlich auch herunter gezoge
Tiefe des Weltenmeeres, dieselbe Welle wird aus
der ewigen Nacht andere Sonnen und Sterne hera
mer neue Schöpfungen, im ewigen Wechsel, von
Untergange gefolgt. *Einer* nur, den kein Name
hoch und unverändert über diesem Ocean der W
den Füfsen seines Thrones wogt, Er allein kennt
sel, keine Gröfse aufser sich, und Er, vor dem
ganzen Welt gleich dem der Milbe ist, wird, von
war und werden wird, allein unwandelbar und ewig

ltgegenden.

Points cardinaux, Plages; *Car-*

n theilt den Horizont, nach der alten Art
iche Theile, die man auch die 32 Winde
gt die Namen dieser 32 Puncte des Ho- Fig. 164.
n deutschen oder holländischen Schiffern
ie man sieht, nicht eben die bequemste,
e. Die Astronomen theilen den Hori-
Kreis, in 360 Grade, indem sie von
n derselben Richtung bis wieder nach
e so beschriebenen Bogen des Horizonts
as offenbar viel einfacher und bequemer
Schifffahrt möchte es am angemessensten
24 gleiche Theile oder *Stunden* zu thei-
die Astronomen mit dem Aequator zu
ürde z. B.

S W	durch	3^h
W	—	6
N W	—	9
N	—	12
N O	—	15
O	—	18
S O	—	21

ter wäre

gW	$= 0^h\ 45'$
SW	$= 1\ \ 30$
gS	$= 2\ \ 15$
SW	$= 3\ \ 0$
gW	$= 3\ \ 45$ u. s. f.

e Theile sollen die Römer[1] den Horizont
e Richtung der Winde danach zu be-
en sie aber auch mehrere eigene Namen

ilter Kreis, den man auch die *Windrose*
n auf die Lage des Meridians an jedem
so hat es wohl in früheren Zeiten Ge-

novum. T. II. p. 17.

lehrte gegeben, wie Wallis, Picard u. a., welc
tung des Meridians einzelner Orte der Erde, a
Windrose für diese Orte, für veränderlich geh
Allein alle neueren theoretischen und praktischen
gen stimmen damit überein, dafs für jeden Ort d
der Erde die Richtung des Meridians, sowie die
selben, ebenso unveränderlich ist, als es die Rota
um ihre Axe (oder der Sterntag) und die jährlic
der Erde um die Sonne in Beziehung auf die Fi
das siderische Jahr) nur immer seyn können.

Weltpole.

Himmelspole oder Pole des A
Poli mundi, Poli coelestes; Poles du
de l'équateur; *Poles.* So nennt man die
des Himmels, die von allen Puncten des Aequato
oder um 90 Grade abstehn, und die daher, bei
Umdrehung des Himmels, von allen Puncten de
nicht bewegt werden. Diese Pole sind auch als
der zu beiden Seiten verlängerten Rotationsaxe
betrachten. Wer aufser dem Aequator der Erde
daher nur einen dieser beiden Pole am gestirnten
da ihm der andere unsichtbar oder unter seinem
Die Bewohner des Aequators aber sehn die be
ihrem Horizonte liegen. Der uns, den Bewohn
lichen Hemisphäre, sichtbare Pol heifst auch der
(*Polus septentrionalis vel arcticus*, von ἄρκτος,
dem Sternbilde des Bären sehr nahe steht); der
der *südliche Pol* (*Polus australis vel antarctic*
Kreise durch die Weltpole stehn auf dem Ae
recht, und heifsen Abweichungs- oder Declinatio
Stundenkreise [1].

Da die tägliche Rotationsaxe der Erde,
Drehungsaxe, immer durch dieselben Puncte des
geht, so sind die beiden Pole des Aequators auf

1 S. Art. *Stundenkreise.* Bd. VIII. S. 1221.

wie man auch schon daraus sieht,
hischen Breiten) der Beobachtungsorte
Beobachtungen gemäfs, immer dieselben
des Aequators, auf der Oberfläche des
ch, indem sie mit der Zeit von einem
rtschreiten, und zwar in Folge der
tion[1]. Denkt man sich die Erde als
er Erdaxe) durchbohrte Kugel, um
ch einmal herum dreht, so geht die-
elben zwei Puncte der Oberfläche je-
ngerung dieses Stabes, zu beiden Sei-
icht immer durch dieselben Fixsterne
b, um den sich die Erde dreht, steht
ltraume, so wenig als der irdische
rn beide haben, sammt der ganzen
ang (in welcher eben die Präcession
vermöge welcher Bewegung die Pole
mel immer durch andere Sterne gehn,
er Aequator der Erde selbst stets an
fläche der Erde gebunden sind. Jetzt
des Himmels nahe 1° 35′ von dem
entfernt, daher dieser Stern (da kein
nahe ist) *Polarstern* genannt wird.
r. G. war der Nordpol dem Stern *α*
her dieser letzte zu jener Zeit auf die
Anspruch machte, und im J. 4100
ei diesen Namen tragen, der später
Cygni, und endlich, 14000 Jahre
Lyrae übergehn wird, welcher letztere
Grade von dem gegenwärtigen Orte
entfernt ist. *L.*

Nachtgleichen. Bd. IX. S. 2129.

Weltsystem.

Weltsystem, Weltordnung, oder Planetensystem; *Systema mu micum*, *Systema solare v. planetarium* du monde, Système solaire ou planéta *System.*

Unter diesen Worten versteht man die Ano nigen Himmelskörper, welche sich um die Sonne der Planeten, Satelliten und Kometen. Das Wo nämlich beinahe in allen Sprachen in einer dreif tung gebraucht. In der ersten und allgemeins das Universum oder alle Körper des Himmels In der zweiten, und dieses ist die hier gebrauch sich blofs auf diejenigen Himmelskörper, die sich bewegen. In der dritten endlich ist dieses Wor tend mit *Erde* oder mit dem von uns bewohn daher, im letztern Sinne, die Worte Welttheile, u. s. w. zu den gebräuchlichen gehören.

Man hat über diese Anordnung der Körper u systems in verschiedenen Zeiten verschiedene Hypothesen aufgestellt, von welchen wir die vorzi näher anführen wollen. Die ältesten derselben, den Aegyptiern und Griechen erhalten haben, be auf die gegenseitigen Entfernungen oder Stellung ten gegen die Sonne, und dieses gilt selbst durch Copernicus aufgestellten Systeme. In Hypothesen werden die Bahnen der Planeten a angenommen, und es fragt sich nur, wo man fü Kreise seinen Mittelpunct und wie grofs man se ser annehmen soll. Erst Kepler zeigte uns, daf hypothese falsch sey, und dafs sich jene Himme in Kreisen, sondern in Ellipsen oder eigentlich zweiten Ordnung bewegen, deren einen Brennpu einnimmt. Derselbe Kepler lehrte uns zugleich, Regeln die Bewegung eines jeden dieser Körper i tischen Bahn vor sich geht, so wie auch, durch diese Bahnen alle unter sich zusammenhängen. D

uns die Bewegungen dieser Planeten
l. h. den Beobachtungen gemäfs dar-
noch die *Ursache* dieser Erscheinun-
nd jener von KEPLER aufgestellten
nd diesen Grund entdeckte NEWTON,
lte, und zugleich durch Rechnung
rscheinungen, so mannigfaltig und
ögen, die blofse Folge eines einzigen
der *allgemeinen Gravitation*, sind.
ühungen des menschlichen Geistes,
nächst umgebenden Himmels zu er-
zt, und fortan handelt es sich nicht
erungen oder Verbesserungen dieses
und NEWTON aufgestellten Welt-
kennen braucht, um es auch sofort
kennen, sondern nur um die weitere
Theile des grofsen und für alle Zu-
estellten Ganzen durch feinere Be-
uch durch eine tiefer dringende ma-
eine Folge der Zeit und der allmäli-
terblichen Entdecker jenes nun nicht
ges noch nicht gegönnt seyn konnte.
e Hypothese, durch welche die Alten
nnensystems darstellen wollten, näher
e Erscheinungen selbst in Kürze er-
ringe Aufmerksamkeit auf die Be-
mufste dieselben so unordentlich und
man sie unmöglich für die wahren
ndern dafs man sie blofs für schein-
otische Täuschung halten mufste. Es
Hypothese aufzufinden, durch welche
ungen auf irgend eine einfache, dem
e erklärt werden konnten.

cheint sich mit allen seinen Gestir-
Ost gen West um uns zu drehen.
melskörpern gemeinschaftlichen Be-
n mehrere derselben, die eine eigene
istens in entgegengesetzter Richtung,
ten. Die Sonne z. B. bewegte sich
stlich von den Fixsternen, der Mond

sogar dreizehn Grade in derselben Richtung. D
diese beiden auffallendsten Gestirne des Himmels b
wieder unter denjenigen Fixsternen, welche den
Aequator bilden. Die abwechselnden Lichtgestal
des, die öfter eintretende Verdunkelung desselben
nes vollen Lichtes, ähnliche Verfinsterungen der S
des Neumonds, selbst die auffallenden Veränderu
geslängen und der Jahreszeiten und so viele and
gelmäfsig wiederkommende Erscheinungen hinge
jenen Bewegungen der beiden genannten Gestir
nur hielt es schwer, diesen Zusammenhang anfzu
weit schwerer aber schien die Erklärung derjenig
zu seyn, welche man an mehrern andern, eben
den fixen Sternen des Himmels sich bewegender
den Planeten, beobachtet. Drei derselben, Mars
Saturn, die man schon bei dem ersten Anblick
genthümliches Licht von den übrigen Fixsternen
konnte, gingen sämmtlich ostwärts, so lange sie
Seite des Himmels, wie die Sonne waren, und z
schwinder, je näher sie der Sonne selbst waren.
aber sich von ihr entfernten, desto langsame
östliche Bewegung, und endlich schienen sie sog
völlig unter den Fixsternen still zu stehn. Bal
nahmen sie eine retrograde, gen West gerichte
an, die immer gröfser und endlich am gröfsten
sie der Sonne gerade gegenüberstanden, oder wen
ihrer *Opposition*, um Mitternacht in der Mitte
Himmels oder im *Meridian* standen. Von da na
grade Bewegung wieder ab, bis sie in derselb
von der Sonne, wie zuvor, wieder einige Zeit
und dann eine immer schneller werdende dire
annahmen, die wieder am gröfsten war, wenn
am nächsten standen, oder wenn sie zur Zeit ihre
mit der Sonne zugleich durch den Meridian ging

Zwei andere solche bewegliche Himmelskörp
Mercur, zeigten ähnliche und wohl noch gröfsere
in ihrer Bewegung, nur mit dem Unterschiede,
nicht, wie jene drei, um den ganzen Himmel v
entfernten, sondern dafs sie immer in der Nähe d
blieben. Auch sie gingen bald östlich, bald v

g still, und alle ohne Ausnahme er-
Beobachters am gröfsten, wenn sie am
gen West, gingen, und am kleinsten
cte oder östliche Bewegung am gröfs-
eine graphische Darstellung anschau- Fig.
e Figur den Lauf der Sonne und des 165.
de von der Erde für die Monate Fe-
gesehn wurden. Die gerade Linie 00
auf welchem die Rectascensionen in
genommen sind, deren jede 15 Grade
stehn die in Grade getheilten Decli-
e Declination bis 10° und die nörd-
der Sonne ist durch die krumme Linie
Mercur durch a b c d e f vorgestellt,

und des Mercur für den 1. März 1835
— — — 1. April —
— — — 1. Mai —
— — — 1. Juni —
— — — 1. Juli —
— — — 1. August —

auf diese Karte zeigt die grofse Un-
des Planeten, während die Bahn der
ier gröfster Kreis des Himmels dar-
ht zwar auch Mercur gen Ost, indem
ng fortschreitende Sonne bald in ge-
nfernung begleitet, aber diese directe
ird selbst in dieser kurzen Zeit mehr
o erscheint er in dem Puncte a ohne
n, da seine Bahn hier nahe senkrecht
Von a bis b geht er rückwärts, sowie
a und b, sowie in dem oberen Bogen
seine Bahn eine Art von Schlinge,
wieder zurückkehrt u. s. w. Nicht
auch die Declination dieses Planeten
uncten ändert sich die Declination gar
rcurs mit dem Aequator nahe parallel
teigt oder fällt sie, und zwar bald
schnell u. s. w. Da es nun durchaus

nicht wahrscheinlich ist, dafs Mercur in der T
verwickelten Bahn einhergehn sollte, da diese
gewifs nur scheinbar sind, so wird es darauf a
Ursache dieses Scheines aufzusuchen, und zuzus
aus ihr alle jene Verwickelungen genügend und
fache Weise erklären lassen. Dafs aber diese
schwer seyn mufs, folgt schon daraus, dafs die w
derselben erst so spät gefunden worden ist, un
vergebliche Versuche der scharfsinnigsten Mäni
mufsten, bis es endlich einem von ihnen gelan
Räthsel zu lösen, und zwar nur im Allgemein
nur in seinen gröbsten Zügen. Copernicu
wahre Auflösung in der Mitte des 16ten Jahrh
hat, liefs die Kreise, in welchen sich, den Alte
Planeten bewegen sollten, noch ganz unberührt
über die Gröfse der Halbmesser dieser Kreise n
tes fest, sondern er begnügte sich damit, den ge
Mittelpunct aller dieser Kreise in die Sonne zu
die Reihenfolge dieser Kreise, wie sie nach
ordnen seyn sollen, anzuzeigen, ohne diese ab
selbst zu bestimmen.

Wie ungleich schwerer würde diese Auflö
seyn, wenn er auch die wahre Beschaffenheit
ihre Gröfse und Gestalt, wenn er zugleich die E
den Planeten hätte angeben sollen, in welcher
Sonne bewegt. Allein diesen zweiten, schwerere
er seinem grofsen Nachfolger Kepler überlass
disser würde wohl schwerlich das Problem gelö
er nicht zufällig durch die Beobachtungen T
unterstützt worden wäre, die viel genauer v
aller seiner Vorgänger, so dafs Kepler in diesen
die Abweichungen von der Kreisbewegung oder
elliptische Ausweichung der Planeten schon er
Wenn es aber ein Glück für Kepler genannt
dafs die Beobachtungen des Mars, die ihm Tyc
genau waren, so darf man ihm auch zugleich Gl
dafs dieselben Tychonischen Beobachtungen nich
waren. Wären diese Beobachtungen z. B. v
derjenigen gewesen, die mit so viel bessern
unsern Tagen angestellt werden, so würde Ke

noch eine grofse Menge sehr beträchterer Art bemerkt haben, die sich durch llipse auf keine Weise darstellen lasbst mit seinem hohen Talente an der höchst complicirten Phänomene ver-

der Planet, blofs aus den beiden Urtens in einer Ellipse, also auch nothförmig bewegt, und indem diese Bewem selbst wieder beweglichen Standbeobachtet wird, die bereits oben erheiten zeigt, wird er überdiefs nicht s dem Centralpuncte seine Hauptbeenn gleich im geringeren Mafse, von nfalls angezogen. Während also z. B. onskraft der Sonne in seiner elliptivon mehr als 650 Millionen geogr. fsern, bald geringern Geschwindigkeit ugenblick durch alle ihn umgebenden er Bahn herausgezogen. Nach den r Planeten zieht ihn der eine näher er andere davon entfernt; dieser reifst ärts, jener zurück; dieser erhebt ihn r seine ursprüngliche Bahn, und diese so grofs, dafs sie selbst den älteren vollkommenen Instrumenten nicht hätn sie diese Abweichungen nicht eben eit ihrer Beobachtungen erklärt und Die Störungen der Länge z. B., die können nahe auf einen ganzen Grad , welche derselbe Planet auf die vier vischen ihm und Mars um die Sonne ehrere Grade betragen. Es ist übridafs alle diese immerfort wirkenden den jedesmaligen Ort des Planeten in ndern dafs sie mit der Zeit auf seine e, Lage und Form seiner ursprüngliin werden, und dafs auf diese Weise ach allen Seiten auf ihn wirkenden, ntlich in einer sich jeden Augenblick

veränderndenden Bahn einhergehn müsse. Diese Ve
noch gröfser, wenn wir bedenken, dafs sich all
bestimmungen der Planeten auf die *Ekliptik* bezi
wieder, durch die Wirkung aller Planeten, e
nach stets veränderliche Ebene ist. Durch Jupit
z. B. wird die Ebene der Ekliptik verrückt, und
nothwendige Folge, dafs auch die Knoten aller üb
bahnen mit der Ekliptik, so wie auch ihre Ne
diese Ebene, Aenderungen erfahren, selbst wenn
nen der übrigen Planeten in ihrer Lage unter
ändern möchten, was sie doch, in Folge dersel
aller andern Planeten, ebenfalls thun müssen.
Wirkung, wie die des Jupiter auf die Erdbahn
alle andere Planeten auf dieselbe Bahn äufsern
Wirkungen eines und desselben Planeten werden
der Zeit wieder geändert werden, wenn einmal
ben immerfort wirkenden Störungen, die Bahne
unter sich ganz andere Lagen haben werden, al
nehmen.

Noch gröfser werden diese Verwirrungen,
denken, dafs wir sie nicht blofs von der sich
und zugleich um sich selbst so schnell bewegte
dafs wir sie auch durch eine die Erde ringsum u
die Atmosphäre, betrachten müssen, welche letzt
die Ursache von unzähligen optischen Täusch
durch welche wir keines der Gestirne an dem
den es in der That am Himmel einnimmt, z
dafs auch die *Abirrung des Lichts*, durch
diese Gestirne sichtbar werden, den Ort dersel
das mannigfaltigste verstellt. Endlich wird
Präcession der Nachtgleichen und durch die
Erdaxe der Aequator nicht blofs, sondern au
schnitt des Aequators mit der Ekliptik oder d
punct immerfort verändert. Da wir aber von
alle Längen und Rectascensionen zählen und da
obachtungen sich auf den Aequator beziehn, so
selbst von den sogenannten *Fixsternen*, wenn
Ort am Himmel nicht ändern, doch die Län
ascension und die Declination immerwährend
gen unterliegt, und dafs diese Aenderungen a

chen Anomalieen der beweglichen Plane-
wirren werden. Der ganze Himmel also,
nur Ordnung und Harmonie bewundern
nun, bei genauerer Ansicht, nur Unord-
ohne Ende, so dafs in dem verwickel-
ser sich durchkreuzenden Bewegungen
durch welche wir anfangs die grofse
eln wollten, sich verrücken, dafs alle
s selbst der Anfangspunct unserer Zäh-
nd verrückt, dafs aus dem ersten Ge-
m letzten das erste wird, und dafs wir,
hllosen wahren und scheinbaren Bewe-
ickelung und Erklärung derselben ohne
ken können.
en, die Schwierigkeiten des hier in Rede
eigen, und zugleich zu erklären, warum
nicht blofs erst nach so vielen Jahr-
h, warum diese Auflösung nur theil-
in ihren grofsen Zügen, gleichsam in
n gefunden werden konnte, eine Er-
schichte der Astronomie und überhaupt
schaften so oft wiederkommt, dafs sie
äftigsten Beweise der Schwäche des
trachtet werden kann, wenn gleich auf
dliche, wenn auch mit noch so vielen
ene glückliche Auflösung jener grofsen
der schönste Triumph desselben Geistes

n der nähern Betrachtung der ver-
iber, die man zur Erklärung jener Er-
s von Zeit zu Zeit aufgestellt hat, und
rst

yptische Weltsystem.

System blofs in seinen allgemeinen
euten Nachrichten. Eine hierauf bezüg-
CERO gilt als zweifelhaft[1], da sie ver-

[1] Lib. I. Cap. 19.

schiedener Auslegungen fähig ist. Vitruv[1] sagt a
dafs Mercur und Venus die Sonne umgeben und si
selbe bewegen, und dafs dadurch ihr Stillstand un
entstehn. Nach Macrobius, Plutarch u. A. so
Lehre der alten Aegyptier gewesen seyn. Marcia
la[2], der im fünften Jahrhundert n. Chr. lebte, entw
Lehre noch umständlicher, indem er sagt, dafs die
Mercur und der Venus nicht die Erde, sondern
Sonne umgeben, dafs die Sonne in dem Mittel
Bahnen sey, dafs jene zwei Planeten zuweilen
weilen jenseit der Sonne sich aufhalten, u. s. w.
den Beinamen *Venerabilis*, der im Anfang des
hunderts in England lebte, setzt diese Hypothese
aus einander, so wie auch Argoli[4] im 17ten Jahr

Dieses ägyptische System, wie es jetzt allge
Fig. 166. wird, wird durch Zeichnung am leichtesten verst
Erde T steht ruhend in der Mitte des Himmels,
punct der kreisförmigen Bahn des Monds ☾ und
so wie der drei äufsersten, damals bekannten Pla
Jupiter ♃ und Saturn ♄. Alle diese Himmelskö
sich in den angezeigten Bahnen von West nach
ruhende Erde T, während die Sonne auf ihrer Ba
zwei anderen concentrischen Kreisen umgeben ist,
ripherieen sich Mercur ☿ und Venus ♀ bewegen,
die Sonne auf ihrem Wege SAB von den beide
neten stets begleitet wird. Durch diese Anordnun
auffallendsten Bewegungen der Venus und des
Stationen und Retrogradationen, im Allgemeinen
tungen gemäfs dargestellt, nicht so aber die der
Planeten, die daher ganz unerklärt blieben.

B. Ptolemäisches System.

Nach diesem bewegt sich um die ruhende Erde
Fig. 167. punct in concentrischen Kreisen zunächst der Mond

1 De Architectura. Lib. IX. Cap. 4.
2 De nuptiis Philologiae et Mercurii. Lib. VIII.
3 De mundi coelestis ac terrestris constitutione.
4 Pandosium Sphaericum.

ne ☉, Mars ♂, Jupiter ♃ und Saturn ♄.
ei Capitel (*Μεγάλη σύνταξις* oder Al-
u. 7) den Beweisen, dafs die Erde im
uhe, *ὅτι μέση τοῦ οὐρανοῦ ἐστιν ἡ γῆ.*
die Bahn der Sonne zwischen die von
der einen und zwischen die von Mars,
der andern Seite setzt, giebt er Lib. IX.,
ene zwei immer in der Nähe der Sonne,
zuweilen der Sonne gegenüber gesehn
igentliche Gröfse der Halbmesser dieser
nirgends aus und giebt blofs an, dafs
laneten in der durch die Figur ange-
habe, weil er glaube, dafs die Pla-
der Erde entfernt seyn müssen, je lang-
, wie man dieses beim Mond und bei
er erste sich viel schneller bewege und
bei uns sey, weil er die Sonne zu-
h das matte Licht Saturns bestimme ihn,
te Grenze des Systems zu setzen. Seine
Unbeweglichkeit der Erde im Mittel-
e sind gröfstentheils vom Mangel aller
hergenommen, indem er voraussetzt,
rde ihren Ort im Raume änderte, eine
itigen Stellungen der Fixsterne bemer-

hin einfacheren Anordnung der Him-
yptischen Systeme, fehlt aber noch die
d Rückwärtsgehens der Planeten. Diese
rch seine Theorie der *Epicykel*, wo-
hnitte die Rede seyn wird. Er gesteht
kel den Gegenstand sehr zu verwickeln
stet sich damit, dafs die Planeten wohl
zu bewegen seyn mögen, als es uns
wegungen zu begreifen; dafs das Ein-
n ganz anderer Art sey, als in den
, und dafs endlich die genaue Darstel-
der Natur allen anderen Rücksichten
se.

XIII. Cap. 2.

Welches die Kräfte oder überhaupt die pl
seyn mögen, durch die der Planet um den gan
telpunct des Epicykels, und durch welche die
um die ruhende Erde in einem Kreise bewegt
Ptolemäus ebenso wenig, als die Gröfsen der
ser Kreise an. Die Meinung von den in eina
durchsichtigen Sphären, die sich wie Zwiebe
und dabei die Planeten mit sich herumführen, g
Manche sagen, dem Ptolemäus, der für solche
verständig war, als vielmehr dem weit ältern
Es ist schwer zu begreifen, wie ein Mann, wie
einem solchen Einfalle seinen Beifall in so hoh
konnte. Eudoxus soll jedem Planeten vier Sp
haben, deren eine die tägliche Umdrehung, die
gene Bewegung, die dritte die Veränderungen
die vierte endlich die Stillstände und Rückg
sollte. Er brachte die Anzahl dieser Sphären a
später durch Calippus und Polemarchus, m
des Aristoteles, auf 56 vermehrt worden si
der Folge, als die Beobachtungen viel genauer
ten sich noch mehrere andere Ungleichheiten,
der einen Epicykel oder eine eigene Sphäre ver
dem Monde besonders wurde die Anzahl diese
überhaupt die Verwirrung der Gegenstände sch
Araber so grofs, dafs an ein Sichten und
selben, so lange man diese alte Hypothese be
weiter gedacht werden konnte. Der Anblick
rung mochte wohl auch den König Alphons
lien zu der bekannten unbesonnenen Aeufserung b
Si a principio creationis humanae Dei alt
interfuisset, nonnulla melius ordinatiasque co

Dennoch herrschte dieses System mit all
hängten Flickwerk von Ptolemäus (130 nach
in die letzten Tage des Copernicus (starb 2
Die Stützen, auf welchen diese so hartnäckig
äufsere religiöse Einwirkung vertheidigte Hypoth
ren aus der fixen Idee von der Unbeweglichkeit

---

1 Metaphys. Lib. XII. Cap. 8.

2 Rodericus Sanctius Histor. Hispan. Pan, IV. C

tlich zu sprechen scheint, und aus dem genommen, ein Werk, das seit seiner e Mitte des sechzehnten Jahrhunderts die nomischen Kenntnisse ausmachte. Dazu abergläubische Verehrung des ARISTO- sowohl, als auch im ganzen Mittelalter, TO und andere griechische Philosophen, matik oder Astronomie viel zu verstehn igentlichen Beobachtungen zu begnügen, Himmels und der Erde, gleich unseren hen, aus rein metaphysischen Gründen *a* erklären wollte.

te Blick auf die Bewegungen der Plane- lben nicht *geradlinig* seyn können, da *mme Linien* seyn mufsten, so war es , die einfachste und bekannteste von al- den *Kreis*, zuerst zu untersuchen, und er der ersten, allerdings nur sehr rohen h genüge. Die griechischen Philosophen, cher seyn wollten, ohne doch diese Na- en und Experimente zu befragen, um ihr lichen Wege vielleicht ihre Geheimnisse also ebenfalls an, dafs die Bahnen der *reise* seyen, aber nicht aus der Ursache, en Beobachtungen, um welche sie sich n, am besten entsprach, sondern aus ei- , viel höheren, aus einem hyperphysi- reis galt ihnen nämlich als die vollkom- also auch sofort als die der Natur an- des Urhebers dieser Natur allein würdige so unbegründet, so inhaltsleer sie war, allgemeinen Eingang, und sie schlug h allen Seiten verbreitete Wurzeln. Seit OTELES, 350 Jahre vor unserer Zeitrech- es 16ten Jahrhunderts war sie die herr- t blofs des grofsen Haufens, sondern auch ese Idee war es vorzüglich, die die er- Theorie der ptolemäischen Epicykel er- lange sie die Grofsen beherrschte, alle r Bewegungen der himmlischen Körper,

alle eigentliche Astronomie, so gut als unmög
Selbst der grofse Copernicus, dieser *Vir maxim*
quod in hoc exercitio magni momenti est, anim
Kepler von ihm sagte, selbst dieser freidenkende
freie Mann, der sich doch so wenig von frem
und von althergebrachten Meinungen leiten liefs,
mehr sein ganzes Leben darauf verwandte, ein
und am hartnäckigsten vertheidigten dieser Meinu
kämpfen, selbst dieser seltene Mann konnte sic
seit beinahe zwei Jahrtausenden alle Geister fes
urtheile nicht losmachen, und so grofs auch sei
um die Wissenschaft waren, so beschränkten sie
darauf, die von dem Alter geheiligten und auc
tastbaren Kreise der Planeten anderes zu vertheile
Kreise selbst, an welche er ebenso fest, wie al
gänger, glaubte, wagte er nicht zu berühren.
diese Bewegungen der Planeten, den Beobachtung
gemäfs, so viel als möglich darzustellen, mufst
verworrene, offenbar nur als Hülfsgerüste gebraucht
hellen Geiste ohne Zweifel nicht zusagende Hypot
cykel, wie er sie von den Alten überkommen ha
dert beibehalten.

Es wird aber hier der Ort seyn, diese Hyp
welche man selbst in den neueren astronomischen
selten, und auch dann meistens nur ungenügende
unrichtige Nachrichten findet, etwas näher kenne
was sie allerdings verdient, da sie durch ihre lan
historisch merkwürdig geworden ist, und da sie
theoretischer Beziehung eines der schönsten D
Schaffsinns der Alten ist.

C. Theorie der Epicykel.

Zuerst wollen wir bemerken, dafs die Ungleic
che man in den Bewegungen der Planeten beobac
lei Art sind, wie auch die Alten schon bemerkt
eine, welche sie die *erste* Ungleichheit nannten, h
rische, und die andere oder *zweite* Ungleichheit h
odische Revolution[1] zu ihrer Periode, oder mit

1 Vergl. Art. *Umlaufszeiten*. Bd. IX. S. 1214.

ganzen Kreislauf von Abwechselungen
dieselben Ungleichheiten wieder von
dnung zu beginnen, wenn der Planet
tern, die andere aber, wenn er wie-
, von der er, im Anfange der Pe-
eichheiten, ausgelaufen war. Die erste
viel geringer, als die zweite, und
en nur durch eine Veränderung der
r, mit welcher der Planet in ver-
Bahn oder zu verschiedenen Zeiten
ion einherging. Für die Sonne war
dieser Ungleichheit 1° 55′ 36″, oder
nd jeder siderischen Revolution dieses
ge hinter der mittleren zurückbleiben
ern Seite der grofsen Axe der Bahn,
en. Für Saturn betrug das Maximum
′, für Jupiter 5° 31′, für Mars 10° 41′,
7′, und für Mercur endlich, wo sie
g sie auf 23° 40′. Beim Monde aber,
° 19′ steigen konnte, hatten sie die
achten können, da für diesen Neben-
zweite, viel gröfsere Ungleichheit gar
so jene erste ganz rein, und von der
einen würde, wenn nicht wieder an-
en dieses Satelliten durch die Sonne
und die sogenannte *jährliche Glei-*
he 1° 30′ erheben können, jene erste
erkennen und zu verfolgen gemacht
eichheit aber, welche die Planeten in
, war viel gröfser und auffallender.
lich die Alten die oben erwähnten
ten, nach welchen sie bald vorwärts
gen West gingen und bald wieder
am Himmel still zu stehn schienen.
chheiten besser zu übersehn, giebt die
en gröfsten geocentrischen Bogen, in
die Retrogradation) eines jeden Plane-
nter II die Dauer dieses Rückgangs,

. VI. S. 2356.

unter III die heliocentrische Bewegung des Plan
unter IV endlich die heliocentrische Bewegung d
rend der Dauer dieses Rückgangs der Planeten.

	I	II	III
Mercur	15°44′	22 Tag. 12 Stund.	111° 5
Venus	17 12	43 12	70 24
Mars	19 35	80 15	38 4
Jupiter	10 0	116 18	10 42
Saturn	6 55	138 19	5 4
Uranus	3 53	152 15	2 0

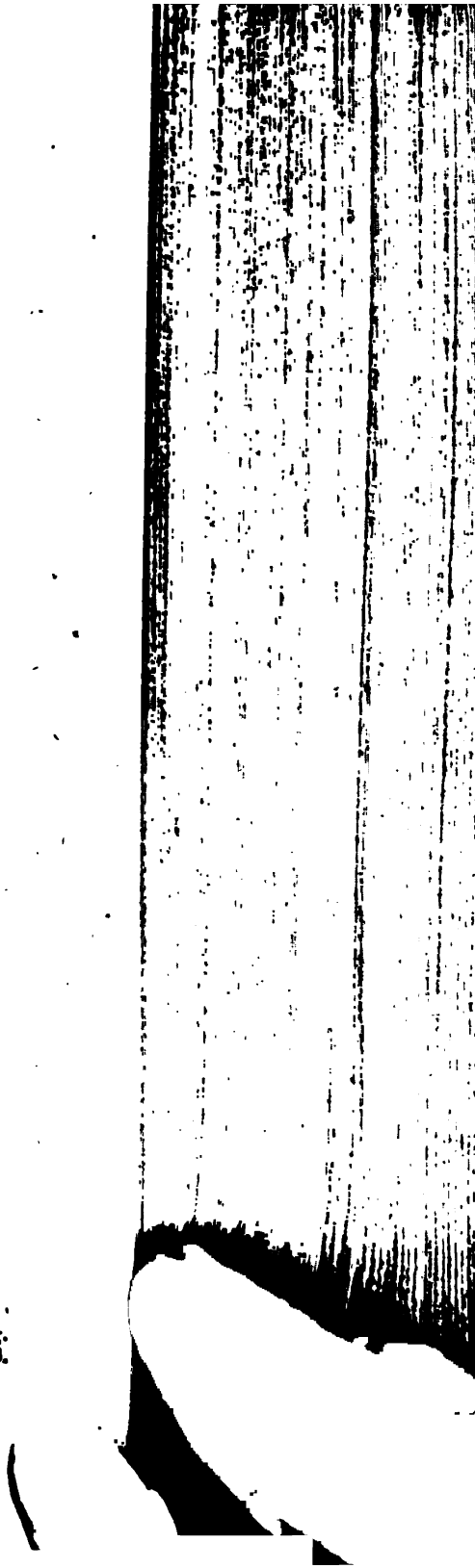
Den eigentlichen Grund dieser zwei Ungleichh
die Alten nicht angeben; auch schien es ihnen
um diesen Grund, als vielmehr nur um eine Hyp
zu seyn, durch welche sie jene beiden Ungleichhe
obachtungen gemäfs darstellen konnten, unbeküm
diese Hypothese der Natur selbst gemäfs sey ode
gentliche Ursache jener zwei Erscheinungen ganz
gen möchte. Dieses Verfahren ist an sich selbst
tadeln, vielmehr ist es das beste und sicherste M
Erforschen der Phänomene, die uns die Natur d
nigstens allmälig zu der wahren Ursache dersel
gen. Auf dieselbe Weise hat auch in der Mitt
Jahrhunderts der grofse Beobachter James Bradle
entdeckten Bewegungen der Gestirne, die wir d
tion und *Nutation* bezeichnen, durch eine Hyp
läutern gesucht. Zur Erklärung der Nutation li
den Pol des Aequators in 19 Jahren die Periphe
nen Ellipse beschreiben, deren grofse und kleine
und 14 Secunden beträgt. Um aber die Ersch
Aberration darzustellen, liefs er sogar jedes Ges
mels während der Zeit eines Jahres in einer Ellip
deren grofse Axe 40 Sec. betrug, während die k
verschiedene Sterne, nach ihrer Entfernung von
auch verschieden und für jeden Stern eine andere
Zweifel waren dem Erfinder dieser sinnreichen H
diese Ellipsen selbst sehr unwahrscheinlich, ab
ihm, die Erscheinung durch diese Hypothese
tungen gemäfs dargestellt, es genügte ihm, ei

en, welche alle die von ihm entdeck-
ixsterne richtig und der Wahrheit ge-
en weiteren Grund aber diese Formel
nen Nachfolgern zu untersuchen übrig,
nden, dafs die bisher nur hypothetisch
ellipse ihre Ursache in den durch die
d des Monds auf die abgeplattete Erde
ngen der Erdaxe, und dafs alle jenen
psen ihre letzte Ursache in der Ge-
es haben, das seinen Weg von der
13 Sec. zurücklegt.

enn endlich auch Copernicus gefun-
hnte zweite Ungleichheit der Planeten
rund in der Bewegung der Erde habe,
hre Ursache der ersten Ungleichheit
aneten nicht gleichförmig in Kreisen,
Mittelpunct die Sonne ist, wie Co-
ern dafs sie mit veränderlichen Ge-
en einhergehn, deren einen Brennpunct

nd alle ihre Nachfolger bis ins 16te
e Bewegung der Planeten gleichförmig
er sie den wahren Grund der ersten
konnten, und sie nahmen überdiefs
aller jener Kreise ruhend an, daher
sache der zweiten, blofs aus der Be-
enden Ungleichheit verborgen bleiben
Ursachenthier, wie Lichtenberg den
nneren Natur nach nicht eher mit sich
kann, bis es von dem, was ihm
Sinne von aufsen zufliefst, irgend ei-
oft wieder ganz grundlosen, angeben
nsere guten Altvordern einen solchen
e jene doppelte Erscheinung der Pla-
sie selbst befriedigende Weise ablei-
nden sie denn endlich zur Erklärung
en *excentrischen Kreis* und zur Dar-
Epicykel.

Erde, um welche sich die Sonne in Fig.
örmig bewegt. Da die Bewegung in 168.



einem Kreise ihrer Natur nach nicht anders als
seyn kann, so nehmen wir an, dafs die Sonne,
Kreis, dessen Mittelpunct T ist, in einem Jahre
Tagen zurücklegt, in jedem dieser Tage den
Aa; Bb; Dd... beschreibe. Wäre nun die Erd
in dem Mittelpuncte T dieses Kreises, so würde
chen Bogen auch immer unter den gleich gro
ATa; BTb; DTd... sehn, oder die tägli
der Sonne würde durch das ganze Jahr immer gl
scheinen. Allein dieses stimmt mit den Beoba
überein. Man bemerkte nämlich, dafs die täglic
der Sonne in Länge im Anfang des Winter
gröfser war, als im Anfang des Sommers. B
oder die mit ihm parallele Gerade C♈ die Linie
nachtgleichen, von welcher man in der östlic
♈DB alle Längen zu zählen pflegt, so geben
tungen die gröfste tägliche Bewegung der Sonne
des December, wenn die Sonne, von der Erde
oder in der Länge von 280° war; die kleinste
hatte, in der Mitte unseres Junius, dann statt, w
in A war oder nahe die Länge von 100° hatte.
diese tägliche Bewegung 3671., hier nur 34
Während die Sonne in der einen Hälfte des Jah
B bis nach D ging, nahm ihre tägliche Bewegun
während sie in der andern Jahreshälfte durch den
wieder ebenso regelmäfsig abnahm.

Wenn aber, wie die Alten glaubten, de
einzig wahre Bahn der Sonne beibehalten were
wird man, diese Ungleichheit darzustellen, nur
dem Mittelpuncte T jenes Kreises wegnehmen un
wo in die Linie AD, welche die zwei Punct
und kleinsten Bewegung verbindet, z. B. in den
len dürfen, so dafs der Winkel ACa = 3432 un
DCd = 3671 Secunden beträgt. Dieses wird
man leicht sieht, dann erhalten, wenn man den
Linie ATD so wählt, dafs die Entfernung T
oder genauer gleich 0,017 des Halbmessers jene
nommen wird. Dieser Kreis wurde daher de
Kreis genannt. Doch gebrauchten sie diese
vorzüglich bei der Sonne und dem Monde, w

nzlich wegfällt und wo sie daher nur
eine zu kommen hatten. Bei den Pla-
ngleichheiten vermischen, machte ihnen
n schon zu grofse Mühe und sie be-
öfstentheils mit der Darstellung dieser
die wir nun ebenfalls näher betrachten

e zweite Ungleichheit der Planeten, ohne
, zu erklären, ohne dadurch weder die
Ruhe zu stören, noch auch sich von
iligen Bewegung in Kreisen zu entfer-
afs sich auf der Peripherie M M′ M″ ei- Fig.
ittelpunct die Erde T ist, der Mittel- 169.
eises von West gen Ost oder in der
hförmig bewege, während der Mittel-
bst auf der Peripherie dieses zweiten
r Richtung von West gen Ost, gleich-
te. Man nannte diesen zweiten Kreis
ersten Kreis M M′ M″ den *deferirenden*
man durch eine solche Anordnung das
ehn, so wie auch das Stillstehn der
n ganz gut erklären kann; denn wenn
Epicykels in M″ ist, und wenn zu-
n entferntesten Puncte a von der Erde T
e Puncte M″ und a *dieselbe* directe Be-
t wird daher, von der Erde T gesehn,
te Bewegung haben. Wenn aber der
kels nach einer halben Revolution in
der Planet zugleich in dem der Erde
mmt, so wird die Bewegung des Punctes
r östlich, die des Planeten b aber ge-
estlich gerichtet seyn, oder beide Puncte
setzte Bewegungen haben, und der Pla-
r Erde T gesehn, nur mit der *Differenz*
en fortzugehn scheinen. Wenn aber,
wird, die Winkelgeschwindigkeit des
rie seines Epicykels gröfser ist, als die
icykels, so wird, für diesen Punct b,
als vorwärts zu gehn scheinen, und
Puncte b die gröfste retrograde Bewe-

gung haben, so wie er vorhin in a die gröfste
gung, von der Erde T aus betrachtet, gehabt hat

In dem Puncte M″ steht die Richtung der
Planeten in seinem Epicykel senkrecht auf die Li
den Mittelpunct des Epicykels mit dem der E
Wenn aber M″ in seinem Kreise und der Plane
ripherie des Epicykels weiter rechts gegen m fort
so wird sich die Richtung der Bewegung des P
ihrer frühern senkrechten Lage immer mehr ge
hinneigen und daher derjenige Theil der täglich
desselben, der von der Bewegung des Planeten i
cykel kommt, immer kleiner erscheinen, währen
telpuncts des Epicykels, von T gesehn, immer
Auf diese Weise wird endlich der Mittelpunct
in der Hälfte M″m M des Kreises zu einem Pu
wo jener Theil ganz verschwindet, und wo dah
nur noch mit der constanten Geschwindigkeit
übrigens aber noch immer mit directer Geschwindi
wird. Dieser Ort des Planeten wird aber derj
welchem die Tangente des Epicykels genau dur
punct der Erde T geht, so dafs also der Planet
gerader Linie zur Erde hin bewegen, d. h. d
stehn scheinen würde, wenn er nicht durch die
Epicykels selbst noch weiter gen Ost oder von
führt würde. Nach diesem Puncte aber wird s
tung der Bewegung des Planeten in seinem Ep
Erde, auf der andern Seite derselben, wieder
und mehr entfernen oder jener Theil wird rü
ganze scheinbare Bewegung aber doch noch imm
aber auch zugleich immer kleiner werden, weil
gige Theil immer wächst, bis er endlich so grof
ihrer Natur nach immer directe und constante
Mittelpuncts des Epicykels ist, wo dann der P
Bewegung für die Erde ganz *still* zu stehn schei
ferner, von diesem Puncte an, die retrograde G
jenes Theils noch weiter zunimmt, so wird n
gleich nach seinem Stillstande, retrograd zu we
und diese retrograde Bewegung der Planeten, w
Erde aus gesehn erscheint, wird so lange wachse
den Punct M, wie oben gesagt worden ist, ihren g

che Erscheinungen werden in der andern
n verkehrter Ordnung, statt haben, und
Weise den Planeten durch den ganzen
etwa] in einer Zeichnung verfolgt, so
ht nur die verschiedenen Geschwindig-
sie von der Erde aus erscheinen, sondern
Stillstands, die Gröfse des Bogens sei-
kurz alle die oben erwähnten Erschei-
ng, selbst die angeführten Schlingen und
leicht und deutlich darstellen können,
er Ebene des Epicykels und der Ebene
die wir bisher der gröfsern Einfachheit
liefsen, eine angemessene Neigung ge-
ersetzt man endlich die Erde T, die wir
e des deferirenden Kreises angenommen
nessene Entfernung aufserhalb dieser Mit-
n durch die ganze Unordnung nicht nur,
, sondern auch die erste Ungleichheit der
ungen gemäfs darstellen können.
er Aufstellung dieser Hypothese für sich
Gröfse der beiden Kreise, als auch die
elpunctes M in dem einen und des Pla-
n Kreise nicht willkürlich sind, sondern
eten besonders bestimmt werden müssen,
ichtung den Beobachtungen entsprechen
Zwecke nahmen die Alten an, dafs die
en in seinem Epicykel *bei allen Plane-*
schen Revolution des Planeten, und dafs
Mittelpuncts des Epicykels für die oberen
r und Saturn) gleich der tropischen Re-
elskörper, für die untern Planeten (Ve-
ch der tropischen Revolution der Sonne
Tagen sey, so dafs, bei diesen letzten
änge ☊TM des Centrums des Epicykels
ge der Sonne seyn mufs. Da ferner die
eit ihrer Conjunction[1] ihre gröfste directe,
on aber ihre gröfste retrograde Bewegung
man den Ort des Planeten zur Zeit der
rnsten Punct a und zur Zeit der Oppo-

[1] *ten.* Bd. I. S. 401.

sition in den nächsten Punct b seines Epicykels b
Bei den untern Planeten aber, die keine Oppositi
zwei Conjunctionen haben, setzte man sie zur Ze
Conjunction in den fernsten Punct a und zur Z
tern Conjunction in den der Erde nächsten Punct
cykels, da auch diese Planeten in der That bei d
junction am weitesten und bei der untern am
der Erde entfernt sind.

Noch sind die Halbmesser der beiden Kreise
neten zu bestimmen übrig. Ptolemäus scheint s
reits gesagt, um die Kenntnifs der Entfernungen
von der Sonne nicht eben sehr bemüht zu haben
die aufgestellte epicyklische Hypothese, da sie sic
Längen, nicht aber mit den Distanzen der Plan
von der Erde statt haben, beschäftigt, blofs die
nicht aber die absoluten Gröfsen dieser Halbmesser
Die Alten nahmen an, dafs für die obern Planet
messer des Epicykels sich zu dem des Krei
verhalten müsse, wie die mittlere Entfernung
mittleren Entfernung des Planeten von der Sonne,
die untern Planeten das umgekehrte Verhältnifs st

Um das Vorhergehende analytisch darzustellen,
der Mittelpunct des Kreises MM′M″, in dessen
Mittelpunct M, M′, M″ des Epicykels einhergeht,
Peripherie dieses Epicykels von den Planeten P
durchlaufen wird. Beide Puncte sollen sich vor
zur Linken oder in der Richtung MM′M″.. u
gleichförmig bewegen, und zwar so, dafs in de
ander gegenüber liegenden Puncten M und M″ der P
in seine gröfste und kleinste Entfernung von der
wodurch demnach die Bewegung der beiden Pun
so angeordnet wird, dafs sie immer beide zugle
Linie MTM″ gehn, oder dafs P in derselben Ze
seines Epicykels zurücklegt, in welcher der Punct
Hälfte der Peripherie seines Kreises geht. Es ents
Frage: wie sollen die Geschwindigkeiten dieser
wegungen und wie die Halbmesser dieser zwei K
werden, damit die aus dem Mittelpuncte T gesehe
Punctes P, P′, P″... mit den von der Erde
Orten des Planeten übereinstimmen?

ieser Frage wollen wir uns zuerst wie-
innerung bringen, die wir oben[1] für
ocentrischen Orts aus dem heliocentri-
Ist nämlich
Planetenbahn,
Erdbahn, beide als kreisförmig und in
der Ebene der Ekliptik angenommen; ist
ferner
Länge des Planeten,
änge des Planeten,
änge der Sonne und
neten von der Erde,
D. gezeigt worden ist,

$$\left.\begin{aligned} \text{os.}(L-N) &= \varrho\,\text{Cos.}(\lambda-N) \\ \text{in.}(L-N) &= \varrho\,\text{Sin.}(\lambda-N) \end{aligned}\right\},$$

ürliche Größe bezeichnet. Aus diesen
et man sofort

$$= \frac{\frac{R}{r}\text{Sin.}(L-l)}{1+\frac{R}{r}\text{Cos.}(L-l)} \quad \text{oder}$$

$$) = \frac{\frac{r}{R}\text{Sin.}(L-l)}{1+\frac{r}{R}\text{Sin.}(L-l)}$$

Größe l kennt, so findet man auch die
von der Erde durch den Ausdruck

$$-R^2+2rR\,\text{Cos.}(l-L)$$

$$\text{s.}(\lambda-l)+R\,\text{Cos.}(L-\lambda).$$

hn wir nun wieder zu unserer Figur
Υ; M′Υ.. die Linie der Nachtgleichen,
ct des Epicykels in M′ ankommt, so sey
n in der Peripherie dieses Epicykels.
Puncte T, M′ und P′ durch gerade

[1] Bd. IX. S. 1254.

Sey $TM = TM' = a$ der Halbmesser des K
und $MP = M'P' = b$ der Halbmesser des Epicyk
$P'T = c$ die Entfernung des Planeten P′ von der
ferner $\Upsilon TM' = \alpha$ die geometrische Länge des
M′ des Epicykels, $\Upsilon TP' = \gamma$ die geocentrische Lä
neten P′ und $\Upsilon M'P' = \beta$ die aus dem Mittelpu
Epicykels gesehene Länge des Planeten. Um nun
Gröfsen a, b, c und α, β, γ unserer Aufgabe ge
stimmen, so hat man in dem Dreiecke TM′P′ die

$$T = \gamma - \alpha$$
$$P' = \beta - \gamma$$
$$M' = 180 + \alpha - \beta,$$

also auch

$$\text{Tang.}(\gamma - \beta) = \frac{\frac{a}{b}\,\text{Sin.}(\alpha - \beta)}{1 + \frac{a}{b}\,\text{Cos.}(\alpha - \beta)} \quad \text{ode}$$

$$\text{Tang.}(\alpha - \gamma) = \frac{\frac{b}{a}\,\text{Sin.}(\alpha - \beta)}{1 + \frac{b}{a}\,\text{Cos.}(\alpha - \beta)} \quad \text{und}$$

$$c = a\,\text{Cos.}(\alpha - \gamma) + b\,\text{Cos.}(\beta - \gamma).$$

Es handelt sich demnach darum, diese drei letzten
mit den analogen drei vorhergehenden übereinstimm
chen. Diese Uebereinstimmung aber erhält man,
gleich bemerkt, durch die folgende Annahme:

$$\alpha = L \text{ und } a = R$$
$$\beta = l \qquad b = r$$
$$\gamma = \lambda \qquad c = \varrho.$$

Diese Annahme setzt also voraus, dafs der Ha
Kreises MM′ gleich dem Halbmesser der Erdbah
der Halbmesser des Epicykels gleich dem Halbmes
netenbahn ist, und dadurch sind die Gröfsen d
Kreise, der Aufgabe gemäfs, bestimmt. Um aber
schwindigkeiten oder die Umlaufszeiten der beide
und P in ihren Kreisen zu finden, so sey B die
des Planeten in seinem Epicykel und A die Uml
Punctes M in der Peripherie des Kreises MM′.

ich aber, wie verkehrt die Winkel, wel-
beweglichen Puncte um den Mittelpunct
d derselben Zeit, beschreibt. Der Punct P
littelpunct M den Winkel $PM'P' = \beta - \alpha$
ck, in welcher der Punct M um seinen
Winkel $MTM' = \alpha$ zurücklegt, so dafs

$$\frac{1}{\alpha} : \frac{1}{\beta - \alpha} = \frac{1}{L} : \frac{1}{l - L}.$$

L die Bewegung des Planeten und der
ne Zeit, so ist $\frac{360}{l}$ die tropische Um-
und $\frac{360}{L}$ die tropische Umlaufszeit der
st auch $\frac{360}{l - L}$ die synodische Umlaufs-
lafs man daher hat

$$\frac{\text{op. Revol. der Sonne}}{\text{od. Revol. des Planeten}}.$$

l demnach die Halbmesser der beiden
ewegungen der beiden Puncte in diesen
orden, dafs die epicyklischen Erschei-
n Beziehung auf ihre Längen sowohl,
ernungen von der Erde ganz mit den
die unmittelbar aus den Beobachtungen

ebereinstimmung kann man auch noch,
Betrachtung jener zwei Systeme von
die folgende Weise erreichen, indem

$= l$ und $a = r$
$= L$ $b = R$
$= \lambda$ $c = \varrho$.

er

$$A : B = \frac{1}{\alpha} : \frac{1}{\beta - \alpha}$$

$$A:B = \frac{1}{l} : \frac{1}{L-l}$$

ist, so ist auch

$$\frac{A}{B} = \frac{\text{trop. Revol. des Planeten}}{\text{synod. Revol. des Planeten}}.$$

Man kann also auch die epicyklische Theorie mit d
tungen ebenso vollkommen übereinstimmend machen
Halbmesser a des Kreises gleich dem Halbmesser d
bahn und der Halbmesser des Epicykels gleich de
ser der Erdbahn angenommen wird, wo aber dann
lution des Planeten in seinem Epicykel gleich der
und die Revolution des Mittelpuncts des Epicykel
tropischen Revolution des Planeten angenommen
Alles dieses stimmt vollkommen mit dem oben Ge
Griechen haben nämlich die erste Annahme (wo
b = r ist) bei den zwei untern Planeten, Mercur
die zweite Annahme aber (wo a = r und b = R
oberen Planeten, Mars, Jupiter und Saturn, vorg
schon sie, wie man aus dem Vorhergehenden sieht
durch eine einzige dieser beiden Hypothesen beide
Planeten in ihren geocentrischen Bewegungen hätt
können. Ohne Zweifel aber trafen sie diese Wal
den beiden Halbmessern a und b immer den klein
Epicykel zu erhalten, oder um den kleinern K
gröfsern, nicht umgekehrt, gehn zu lassen.

Aus dem Vorhergehenden folgt also, dafs mar
Ungleichheit der Planeten, deren eigentlicher G
Bewegung der Erde liegt, durch die Hypothese
kels vollkommen, in der geocentrischen Länge sowo
in der Distanz des Planeten von der Erde, darstell

Nicht so verhält es sich aber mit der *ersten*
die von der elliptischen Bewegung der Planeten un
kommt. Um dieses zu zeigen, sey in dem Dreie
wie zuvor,

$$TM' = a; \quad P'M' = b \text{ und } P'T = r$$

so wie der Winkel

$$\Upsilon TM' = \alpha; \quad \Upsilon M'P' = \beta \text{ und } P'T\Upsilon = \varphi$$

so hat man nach den bekannten trigonometrischen
da der Winkel $M'TP' = \varphi - \alpha$ ist,

$$\alpha) = \frac{b \operatorname{Sin.}(\alpha-\beta)}{a + b \operatorname{Cos.}(\alpha-\beta)}$$

$$- b^2 + 2ab \operatorname{Cos.}(\alpha-\beta).$$

Gleichungen in Reihen auf, die nach

$$e \frac{b}{a} = E \text{ fortgehn, so erhält man}$$

$$E^2 \operatorname{Sin.} 2(\alpha-\beta) + \tfrac{1}{3} E^3 \operatorname{Sin.} 3(\alpha-\beta) - \cdots$$

$$\beta) - \tfrac{1}{2} E^2 \operatorname{Cos.} 2(\alpha-\beta) + \tfrac{1}{3} E^3 \operatorname{Cos.} 3(\alpha-\beta) - \cdots,$$

man auch so darstellen kann:

$$-\beta) + \tfrac{1}{4} E^2 (1 - \operatorname{Cos.} 2(\alpha-\beta))$$

$$\tfrac{1}{8} E^3 (\operatorname{Cos.} 3(\alpha-\beta) - \operatorname{Cos.}(\alpha-\beta)) + \cdots$$

ese epicyklischen Ausdrücke für $\varphi - \alpha$

en Reihen, welche für die elliptische

statt haben[1], wo ε das Verhältnifs der

zur halben grofsen Axe und wo m

ittlere und wahre Anomalie des Plane-

nan für die Gleichung der Bahn

$$\text{m} - \tfrac{5}{4} \varepsilon^2 \operatorname{Sin.} 2\,\text{m} + \tfrac{13}{12} \varepsilon^3 \operatorname{Sin.} 3\,\text{m} - \cdots$$

tor r den Ausdruck

$$\operatorname{os.} 2\,\text{m} - 1) + \tfrac{3}{8} \varepsilon^3 (\operatorname{Cos.} 3\,\text{m} - \operatorname{Cos.} \text{m}) - \cdots$$

on $\varphi - \alpha$ oder $\text{m} - \nu$ und von $\frac{r}{a}$

Blick, dafs man durch einen Epicykel von
wahren Anomalie oder der wahren Länge
s Planeten, wohl die eine, aber dann auch
der Wahrheit gemäfs darstellen kann,
ränkten Fall, dafs man schon bei der
tricität der Ellipse stehn bleiben wollte.
estellt werden, wenn man die Gröfse

[1] *Planet.* Bd. VI. S. 2310.

$\frac{b}{a}$ oder E gleich 2ε setzt, aber dann kann die
dargestellt werden, weil diese den Ausdruck
nur halb so grofs als zuvor, fordert.

Dieser Widerspruch hätte die Alten leicht
ihrer epicyklischen Theorie führen können. D
des scheinbaren Durchmessers des Mondes n
seinen verschiedenen Entfernungen von der Erd
sie auch den unvollkommenen Beobachtungen
gut entgehn konnte. Dieser Durchmesser ist
Erdnähe $D = 2011'',08$ und in der Erdferne
oder in Minuten ausgedrückt

$$D = 33',518 \text{ und } D' = 29',366$$

Sind dann r und r′ die zu diesen Durchmes
Entfernungen des Mondes von der Erde, so hat ma
Durchmesser immer verkehrt wie die Entfernu

$$\frac{D}{D'} = \frac{r'}{r}.$$

Wenn man aber in den beiden für die epicykl
oben erhaltenen Gleichungen $\varphi - \alpha = m - \nu$,
$a = 1$ setzt, so erhält man

$$\nu - m = -E \text{ Sin. } m$$

und

$$r = 1 + E \text{ Cos. } m.$$

Von der ersten dieser Gleichungen ist das Diff

$$\frac{\partial \nu}{\partial m} = 1 - E \text{ Cos. } m,$$

also auch

$$\frac{\partial \nu}{\partial m} = \frac{1}{r},$$

oder so wie allgemein der scheinbare Durchm
verkehrt die Entfernung verhält, so verhält sich
epicyklischen Bewegung, die Geschwindigkeit ∂
wie diese Entfernung selbst. Bezeichnet man a
zuvor, die Gröfsen r, ν und D für die Erdfe
durch r′, ν' und D′, so hat man

$$\frac{\partial \nu}{\partial \nu'} = \frac{r'}{r},$$

oder da allgemein $\frac{r'}{r} = \frac{D}{D'}$ ist,

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{D}{D'}.$$

chung stimmt keineswegs mit den beob-
ewegungen des Mondes in der Erdnähe
Es ist nämlich $\partial v = 38{,}366$ und
, also ist auch

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = 1{,}3028,$$

der beiden obigen Werthe von D und

$$= \frac{33{,}518}{29{,}366} = 1{,}1414.$$

ie der Bewegung des Mondes kann da-
, da durch sie die stündlichen Ge-
Satelliten in den verschiedenen Puncten
Beobachtungen gemäfs dargestellt wer-
Worten: die wahren beobachteten Ge-
onds erscheinen uns nicht blofs deswe-
der Mond seine Entfernung von uns
seine wahre Geschwindigkeit (wie die-
Hypothese der Fall ist) immer dieselbe
eschwindigkeit des Mondes ist *an sich*
e dieses z. B. der Fall seyn mufs, wenn
bewegt.
n zu, ob diese Voraussetzung einer el-
ne Aenderungen der Geschwindigkeiten
tellt. Nach dem Vorhergehenden haben
Bewegung, wenn wieder $a = 1$ ist,

$$-v = 2\varepsilon \text{ Sin. m}$$

$$= 1 + \varepsilon \text{ Cos. m}$$

fferential der ersten Gleichung

$$= 1 - 2\varepsilon \text{ Cos. m}.$$

vieder die höhern Potenzen von ε ver-

$$= 1 - \varepsilon \text{ Cos. m},$$

$$\frac{1}{r^2} = 1 - 2\varepsilon \cos. m$$

ist, so hat man auch

$$\frac{\partial v}{\partial m} = \frac{1}{r^2},$$

und somit

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{r'^2}{r^2},$$

oder da wieder allgemein

$$\frac{r'}{r} = \frac{D}{D'}$$

ist, so erhält man für die elliptische Bewegung

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{D^2}{D'^2}$$

und diese letzte Gleichung stimmt vollkommen
angeführten beobachteten Halbmessern und Gesc
des Mondes in den beiden äufsersten Puncten sein
ein. In der That ist

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{38{,}366}{29{,}447} = 1{,}3028$$

und

$$\frac{D^2}{D'^2} = \left(\frac{33{,}518}{29{,}366}\right)^2 = 1{,}3027,$$

wie die Beobachtungen ergeben.

In dem Vorhergehenden ist nun die erste
liptischen Bahn, aber auch nur ein einziger Epicykel
gezogen worden. Es ist daher noch die Frage üb
diese Erscheinungen auf mehr als einen Epicy
soll, eine nicht eben überflüssige Frage, da sc
griechischen Astronomen bald bemerkten, dafs sie
nem Epicykel die Bewegungen der Planeten, besc
Mondes, keineswegs ihren Beobachtungen gem
konnten, und da ihre Nachfolger bis Tycho Brah
dieser Epicykel immer vermehrten, so oft sie du
obachtungen wieder eine neue Ungleichheit des M
den hätten.

Fig. 170. Sey demnach A a = a der Halbmesser des erste
Kreises; a a' = a' der Halbmesser des ersten Epicyk
der des zweiten, a'' a''' = a''' der des dritten Epic

für denselben Augenblick diese Halb-
len, seyen
$= b''$; $a' a'' a''' = b'''$ u. s. w.
llkürliche, durch den Mittelpunct A
e Gerade bilde mit dem ersten Halb-
nkel $BAa = b$. Endlich sey r die
cts A von dem Mittelpuncte des letz-
r Winkel, den r mit AB, so wie Δ
e r mit dem ersten Halbmesser a bil-
Δ.
$ac = y$; $a'c' = y'$; $a''c'' = y''$ u. s. w.
erade AB, und ist $Ac = x$; $Ac' = x'$;
rhält man, wie man sofort sieht, fol-
en:
$= a \text{ Cos. } b$
$= a \text{ Sin. } b$
$a' \text{ Cos. } (b + b' - 2{,}90)$
$a' \text{ Sin. } (b + b' - 2{,}90)$
$\text{Cos. } (b + b' + b'' - 4{,}90)$
$\text{Sin. } (b + b' + b'' - 4{,}90)$ u. s. w.,
die beiden rechtwinkligen Coordinaten
ıncte a, a', a'' ... seyn werden:
$- a \text{ Cos. } (b + b')$
$\text{s. } (b + b' + b'')$
$\text{s. } (b + b' + b'' + b''') + \cdots$
$- a \text{ Sin. } (b + b')$
$\text{n. } (b + b' + b'')$
$\text{in. } (b + b' + b'' + b''') + \cdots$
Weise X und Y bekannt, so findet man
den folgenden Gleichungen:

$$\text{ng. } \varphi = \frac{Y}{X},$$

$$\text{ng. } \Delta = \frac{Xy - Yx}{Xx + Yy} \text{ und}$$

$$r^2 = X^2 + Y^2.$$

ze wegen

$$\frac{a''}{a} = \beta, \quad \frac{a'''}{a} = \gamma \cdots$$

eiten dieser Gleichungen, das heifst, aus

$$\text{Tang. } \Delta = \frac{\text{Tang. b} - \text{Tang. } \varphi}{1 + \text{Tang. b Tang. } \varphi}$$

wenn man in ihr den Werth von Tang. φ
Gleichung substituirt, den Ausdruck erhalten:

$$\text{Tang. } \Delta = \frac{\alpha \text{ Sin. } b' - \beta \text{ Sin. } (b' + b'') + \gamma \text{ Sin. } (b' +}{1 - \alpha \text{ Cos. } b' + \beta \text{ Cos. } (b' + b'') - \gamma \text{Cos. } (b'}$$

Da es aber für viele Zwecke vortheilhafter s
geschlossenen Ausdrücke in Reihen zu entwick
den Potenzen der als klein vorausgesetzten Gröfs
fortgehn, wo nämlich die auf einander folge
immer kleinere Halbmesser haben sollen, so set
um die folgenden Ausdrücke einfacher darstellen

$$2{,}90 - b' = a;$$
$$4{,}90 - b' - b'' = b;$$
$$6{,}90 - b' - b'' - b''' = c;$$
$$8{,}90 - b' - b'' - b''' - b^{IV} = d \text{ u. s.}$$

wodurch der letzte Ausdruck für Δ in den folge

$$\text{Tang. } \Delta = \frac{\alpha \text{ Sin. a} + \beta \text{ Sin. b'} + \gamma \text{ Sin. c} + d}{1 + \alpha \text{ Cos. a} + \beta \text{ Cos. b} + \gamma \text{ Cos. c} +}$$

Ist aber e die Basis der natürlichen Logarit
man der Abkürzung wegen

$$\varphi^a = e^{a\sqrt{-1}} + e^{-a\sqrt{-1}} \text{ u}$$
$$\psi^a = e^{a\sqrt{-1}} - e^{-a\sqrt{-1}},$$

so läfst sich die letzte Gleichung auch so schrei

$$\frac{e^{[2\Delta\sqrt{-1}} - 1}{e^{2\Delta\sqrt{-1}} + 1} = \frac{\alpha\psi^a + \beta\psi^b + \gamma\psi}{2 + \alpha\varphi^a + \beta\varphi^b +}$$

woraus sofort folgt

$$e^{2\Delta\sqrt{-1}} = \frac{2 + \alpha(\varphi^a + \psi^a) + \beta(\varphi^b + \psi^b) +}{2 + \alpha(\varphi^a - \psi^a) + \beta(\varphi^b - \psi^b) +}$$

Stellt man aber in der letzten Gleichung d
φ und ψ wieder her und nimmt man zu bei
Gleicheitszeichens die Logarithmen, so erhält ma

$$2\Delta\sqrt{-1} = \text{Log.}(1 + \alpha e^{a\sqrt{-1}} + \beta e^{b\sqrt{-1}} + \gamma e^{c}$$
$$- \text{Log.}(1 + \alpha e^{-a\sqrt{-1}} + \beta e^{-b\sqrt{-1}} + \gamma$$

Um diesen Ausdruck noch weiter zu reducire
den imaginären Gröfsen zu befreien, bemerke m
Euler's Differentialrechnung, dafs in der Gleich

..) $= A - \frac{1}{2}B + \frac{1}{3}C - \frac{1}{4}D + \frac{1}{5}E - ..$
von den Gröfsen p, q, r.. auf fol-

;
$2q = 0$;
$q - 3r = 0$;
$3q - Ar + 4s = 0$ u. s. w.
ch für p, q, r.. unsere obigen Gröfsen
$\sqrt{-1}$... und entwickelt man dann die
so setze man
$-\frac{1}{3}C - \frac{1}{4}D + \ldots = S.$
o für p, q, r.. die Gröfsen $\alpha e^{-a\sqrt{-1}}$,
. und setzt ebenso
$-\frac{1}{3}C - \frac{1}{4}D + .. = S'$,

$$= \frac{S - S'}{2\sqrt{-1}},$$

an die angezeigten Entwickelungen in
lgenden Ausdruck erhält, der uns die
ie Gleichung der Bahn des Planeten[1]
en α, β, γ.. und a, b, c.. giebt:

2a]
n.(a + b) + $\frac{1}{3}\alpha^3$ Sin.3a]
a+c) + β^2 Sin.2b + $\frac{1}{4}$.3$\alpha^2\beta$ Sin.(2a+b)
$-\frac{1}{4}\alpha^4$ Sin.4a]

das Gesetz des Fortgangs der Glieder
z. B. das nächstfolgende fünfte Glied

in.(a + d) + 2$\beta\gamma$ Sin.(b + c))
a + c) + 3$\alpha\beta^2$ Sin.(a + 2b))
.(3a + b) + $\frac{1}{5}\alpha^5$ Sin.5a].
Ausdrucks wird man nun leicht die
n der Ellipse, ihrer Länge oder ihrer
nach, so genau, als man will, dar-
, wie wir gesehn haben, unmöglich

Laplace a. a. O.

ist, sie *zugleich*, in Beziehung auf Länge und
der wahren elliptischen Bewegung übereinstimm

Nehmen wir der Kürze wegen an, dafs di
der Mittelpuncte aller Epicykeln unter einander
derselben mit der anomalistischen Revolution
identisch sey, so dafs nur noch die Bestimmun
denen Halbmesser der Epicykeln übrig bleibe.
Voraussetzung erhält man, wenn m die mittle
Planeten bezeichnet,

$$b' = b'' = b''' \ldots = 180 - m$$
$$\text{und } a = \tfrac{1}{2} b = \tfrac{1}{3} c = \tfrac{1}{4} d \ldots = m.$$

Substituirt man aber diese Werthe in den ob
Ausdrücken von Tang. Δ und Δ, so erhält ma

$$\text{Tang. } \Delta = \frac{\alpha \text{ Sin. } m + \beta \text{ Sin. } 2m + \gamma \text{ Sin. } 3m +}{1 + \alpha \text{ Cos. } m + \beta \text{ Cos. } 2m + \gamma \text{ Cos. } 3}$$

und ebenso

$$\Delta = A \text{ Sin. } m - \tfrac{1}{2} B \text{ Sin. } 2m + \tfrac{1}{3} C \text{ Sin. } 3m - \tfrac{1}{4} D$$

wo man zur Bestimmung der Gröfsen A; B; C
drücke hat:

$$A - \alpha = 0;$$
$$B - A\alpha + 2\beta = 0;$$
$$C - B\alpha + A\beta - 3\gamma = 0;$$
$$D - C\alpha + B\beta - A\gamma + 4\delta = 0$$

Da aber die elliptische Gleichung des Mittelpun
Vorhergehenden, durch den Ausdruck gegeben i

$$\Delta = m - v = (2\varepsilon - \tfrac{1}{4}\varepsilon^3 + \tfrac{5}{96}\varepsilon^5 + \ldots$$
$$- (\tfrac{5}{4}\varepsilon^2 - \tfrac{11}{24}\varepsilon^4) \text{ Sin. } 2m + \ldots,$$

so darf man nur noch in den beiden letzten Aus
die Factoren von Sin. m; Sin. 2m; Sin. 3m ... u
setzen, um daraus die gesuchten Werthe der ve
einander folgenden Halbmesser der Epicykel zu
man z. B. bis zur vierten Potenz von ε fort,
wenn der Halbmesser A a = a des ersten Kre
Zeichnung gleich der Einheit angenommen wird,
messer des

---

1 Vergl. Art. *Umlaufszeiten*. B. IX. S. 1214.

ykels $\alpha = 2\varepsilon - \frac{1}{4}\varepsilon^3$;
– $\beta = \frac{1}{4}\varepsilon^2 - \frac{1}{24}\varepsilon^4$;
– $\gamma = -\frac{1}{192}\varepsilon^3$;
– $\delta = \frac{1}{384}\varepsilon^4$;

n von γ andeutet, dafs die Bewegung in
ten Epicykels eine den Bewegungen der
e Richtung haben wird. Auf diese Weise
gs durch mehrere gehörig gewählte Epi-
ewegung der Planeten in ihrer *heliocen-*
keineswegs auch zugleich in ihrer rich-
der Sonne darstellen, und die grofsen
einbaren Durchmessers des Mondes hätten
oben bemerkt haben, hinreichen sollen,
dafs sie durch ihre Kreise, so viele der-
einander errichten wollten, die wahren
r *nicht* darstellen können, oder mit an-
e Hypothese einer gleichförmigen Bewe-
Kreisen unstatthaft sey, indem die Ge-
keineswegs constant, wie sie die Na-
t, sondern vielmehr eine wirklich, nicht
rliche Geschwindigkeit ist.

Tycho's System.

ernicanische Weltsystem im Jahre 1543
dadurch, da dieses System von jedem
das einzige wahre erkannt werden mufste,
en über diesen Gegenstand geschlossen
ch noch, beinahe ein halbes Jahrhun-
r, und zwar einer der ausgezeichnetsten
neuen Weltsystem auf, dem es auch nicht
bis endlich die Wahrheit auch hier sich
nd für immer gesichert hatte. Tycho
rfinder dieses nach ihm benannten Sy-
vie in den beiden andern erwähnten Sy- Fig.
in Ruhe; um sie bewegt sich zunächst 171.
einer gröfsern Entfernung die Sonne S

ei recentioribus phaenomenis. Uranib. 1588.

in Kreisen, deren Mittelpunct T ist. Die üb
neten bewegen sich ebenfalls in Kreisen, de
aber nicht mehr die ruhende Erde, sondern di
Erde bewegte Sonne S ist. Mercur und Venus
die Sonne kleinere Kreise, als der Sonnenkrei
dafs sie sich also von der Sonne, aus der Er
weit entfernen und zuweilen zwischen ihr und
gehn können, wie dieses den Beobachtungen
andern Planeten aber beschreiben durchaus so g
die Sonne, dafs sie die Erde sammt dem Mond
nern einschliefsen, daher diese Planeten, eben
achtungen gemäfs, sich um die ganze Hälfte de
der Erde gesehn, von der Sonne entfernen und
gegenüberstehn oder mit ihr in Opposition trete
bei den zwei ersten Planeten nicht möglich ist.
ren Verhältnisse der Halbmesser dieser Kreise i
in den anderen Figuren nicht gesehn worden, u
Raum für die Zeichnungen zu sparen.

Tycho spricht bei der Bekanntmachung
in dem angeführten Werke, so wie auch späte
nicus und dessen System mit grofser Achtung
gröfsere Einfachheit desselben willig an. Nur s
zusetzt, das Zeugnifs der h. Schrift ein unüber
dernifs, um dieses von Copernicus aufgestellt
nehmen. Viel Scharfsinn ist übrigens auf dies
System nicht verwendet worden. Da Copernic
ausgegangen war, so konnte es nicht schwer
dort einige Aenderungen anzubringen, auch
pernicanische System, wenn man nur die Bew
daraus wegnimmt, sofort in das Tychonische üb
lich war es auch die Zeit, in welcher die neu
wie die Pilze in einer schwülen Sommernacht
entstanden, als sie wieder untergingen. Fra
mund Ursus, und wer sonst sich ein Astr
rühmte, mufste auch, der Sitte jener Zeit gem
Weltsystem aufstellen. Auch Tycho, dem es
reellen Verdiensten als Beobachter, aber auch ni
sehr weit getriebenen Sucht zu glänzen fehlte,

1 In Astron. instaur. progymnas. Uranib. et Pra

zurückbleiben, und sich wenigstens
nzes zueignen, der auf der Büste sei-
strahlte. Seine Widerlegungen des
sind übrigens ebenso schwach, als
er eigenen Hypothese ist, die gleich
verdienten Vergessenheit übergeben
geoffenbarten, anerkannten Wahrheit,
ern des allgemeinen gesunden Men-
ebte, und da sie gröfstentheils nicht
n Bestrebungen, sondern aus Selbst-
e hervorgegangen ist. *Opinionum*
licia naturae autem confirmat. Wenn
ystem die Ungleichheiten, welche aus
der Erde folgen, noch zur Noth ei-
nnte, so verwickelte man sich doch
glichen Bewegung der Erde in die
issigen Schwierigkeiten. Da TYCHO
ng der Erde leugnete und sie durch-
nehmen wollte, so mufste er, die
den Beobachtungen gemäfs darzustel-
isen, wie vorhin gesagt wurde, son-
Schraubengängen um die Erde füh-
irgend einer seiner vielen Anhänger
äufserst zusammengesetzte Bewegung
krummen Linien etwas Näheres fest-
vortheilhafter, diese tägliche Be-
ntliche schwache Seite ihres Systems,
gehn.

stem, so schlecht begründet es auch
Beziehung war, Vortheile anderer
ne damals sehr mächtige Parthei auf
fste so konnte es ihm lange Zeit
gern fehlen. Die Astronomen des
theilten sich in *Copernicaner* und
letzten suchten besonders DECHALES,
AIN, der Capuziner RHEITA und der
ämpfer für die von ihnen als heilig
pernicanischen Gegnern wenn nicht
lehrung, so doch Verdrufs und Ver-
GOMONTON, der berühmteste unter

Tycho's Schülern, pflichtete zwar auch seinen L
er entfernte sich auch wieder von ihm, indem e
täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe
Neuerung, die von den Tychonianern als eine
dadurch ihrem grofsen Meister angethan werden
verworfen wurde, obschon sie eigentlich das
war, ihr falsches System wenigstens einige Zeit
Wasser zu erhalten. Der pomphafte Titel, unte
cho in dem ersten der oben erwähnten Werke
folgender: *Nova mundani systematis hypothe
nuper adinventa, quâ tum vetus illa ptolemai
et inconcinnitas, tum etiam recens copernican
rae physica absurditas excluduntur, omniaq
coelestibus aptissime correspondent.*

E. Copernicanisches Syst

Nach diesem jetzt allgemein als das einzig
Fig. 172. kannten Planetensystem ruht die Sonne S im M
concentrischen Kreise, in welchen sich nach der
nung angegebenen Ordnung Mercur, Venus, Er
piter und Saturn bewegen, während zugleich je
neten, so wie die Erde, sich in einem seiner Ta
gene Axe dreht.

Durch die Drehung der Erde um ihre
gen Ost wird der tägliche Umschwung des Hi
seinen Gestirnen, der scheinbar von Ost gen
geht, und durch die jährliche Bewegung der Erd
werden die scheinbaren Retrogradationen und
Planeten auf eine sehr einfache und überzeuge
klärt, wie dieses bereits oben[2] gezeigt worde
System unterscheidet sich also von allen vorhe
züglich dadurch, dafs in ihm die Erde nicht m
hender Körper, sondern selbst als ein Planet betra
wie alle andere Planeten, um die Sonne geht u
um seine eigene Axe dreht.

Die alten Griechen hatten bereits diese A
Bewegung der Erde aufgestellt, und Copernic

1 Astron. Danica. Amst. 1622.
2 S. Art. *Stillstand.* Bd. VIII. S. 1056.

hierher gehörenden Stellen in den uns
rlassenen Schriften zuerst aufmerksam
iese Bewegung näher zu untersuchen.
lie Lehre von der Bewegung der Erde
LUTARCH[2] legt dem HERAKLIDES von
s und dem SELEUCUS von Erythräa
e Erde sich täglich um ihre Axe drehe,
vielleicht die jährliche Bewegung der
ben. So sagt auch CICERO[3] von Nicetas
racusius, ut ait Theophrastus, coe-
las, supera denique omnia stare cen-
n rem ullam in mundo moveri, quae
nma celeritate convertat et torqueat,
si stante terra coelum moveretur; so
, NICETAS blofs die tägliche Drehung
nicht aber auch die jährliche Bewegung
richtig erkannt habe. Diesen Um-
nne haben aber, wie DIOGENES LAER-
ählen, sowohl PHILOLAUS von Cro-
TAS von Tarent und TIMAEUS von
EDES sagt in seiner Schrift *de Arenae*
klichen Worten, dafs ARISTARCH die
e, in dessen Mittelpuncte die Sonne
st. Diese Meinung soll auch, wie
ro in seinen spätern Jahren angenom-
ert haben, dafs er in seinen frühern
anz unangemessene Stelle in der Mitte
habe, wobei sich Plutarch auf das
HEOPHRAST beruft, der eine, leider
, Geschichte der Astronomie geschrie-
erichte PLUTARCH's soll PHILOLAUS,
Bücher über die Physik PLATO um
ft hat, gelehrt haben, dafs das Feuer
puncte des Weltalls ruhe und dafs
Erde drehe, und ARISTOTELES setzt
ILOLAUS die jährliche Bewegung der

p. 13.
rum. Lib. III. Cap. 13 u. 17.
. Cap. 39.

Erde um die Sonne und zugleich die tägliche Bew
selben um sich selbst angenommen hat. Boulliau
J. 1645 ein grofses astronomisches Werk herausgab
her den Philolaus für den eigentlichen Begründer
nicanischen Systems, daher er sein Werk, in welch
ses System vorträgt, *Astronomia Philolaica* betitel
diese und mehrere andere Stellen der Alten waren
sinnreiche, aber doch nur auf gut Glück hingeworf
keine Beweise und vor allem durch keine Rechnu
stützte Meinungen, daher sie auch nur zu bald wi
sen wurden. Es ging mit ihnen, wie es mit der
Seneca's[1] und mit den vielen andern Stellen über
hung der Sonne u. s. w. gegangen ist, welche die
geahnet, aber eben nur vermuthet, nicht bewiesen
die daher auch im Strome der Zeit verloren gegange
weiter eine Spur hinter sich zurückzulassen.

Merkwürdig mag es indefs erscheinen, dafs d
ten, deren liberale Ansichten von den Neuern so
werden, die Lehre von der Bewegung der Erde an
von der religiösen Seite angegriffen und ihr selbst
gen zugezogen haben. Aristoteles[2] vertheidigt d
der absoluten Ruhe der Erde mit vielen, obgleich
chen Gründen, und beschuldigt die Pythagoräer,
Erscheinungen der Natur nach ihren Hypothesen
diese Hypothesen jenen Erscheinungen anzupa
dreiste und auf nichts gegründete Behauptung des
losophen hat bei der grofsen Verehrung, die dem
Folgezeit zu Theil wurde, der guten Sache sehr
es im Mittelalter auf mehrern Universitäten Sitte w
rer derselben beim Antritte ihres Amtes einen Ei
lassen, dafs sie ihren Zuhörern nichts vortragen w
mit den Lehren des Stagiriten nicht im vollen Ein
und da selbst das Cardinalcollegium zu Rom,
wegen des neuen Systems lebhafter wurde, di
Aristoteles, in welchen er die Bewegung der
legen wollte, in seinen besondern Schutz genc
Man hat diese neue Art von Beschützung der

---

1 Quaest. natur. Lib. VII. Cap. 13.
2 De Coelo. Lib. I et II.

übel genommen, aber man hätte dabei sollen, dafs sie keineswegs neu, sondern alt sey. Nach PLUTARCH[1] mufs schon n die Bewegung der Erde als ein ketzeri- tet worden seyn, da sie von dem Stoiker dafs er der Gottlosigkeit oder Unfröm- geklagt werden soll, weil er die Festig- lauben will (*ὡς κινοῦν τοῦ κόσμου τὴν* NICUS scheint Aehnliches besorgt zu ha- tdeckungen so spät erst bekannt machte, dem Schicksal, welches GALILEI erlitt, g er mit seiner Zurückhaltung sehr wohl

NICUS (KOPERNIK) ward am 19. Februar orn geboren, und starb am 24. Mai 1543, iches Werk, *De orbium coelestium re-*, zu Nürnberg die Presse völlig verlassen e Medicin an der Universität zu Krakau, or creirt worden ist. In seinem 23sten Reise nach Italien, wo er sich bei Do- stronomen zu Bologna, längere Zeit auf- nn für Astronomie erwachte. In Rom, ige Beobachtungen machte, wurde er zum tik ernannt. Sein Onkel, Bischof von ihm später ein Canonicat an seiner erg am Ausfluſs der Weichsel, und in r es, wo sich COPERNICUS ganz seiner hingab. PURBACH und REGIOMONTAN Muster; der Bischof aber, sein Onkel CAS WEISSELRODT und war der Bruder OPERNICUS. Sein Leben ist von GAS- ern Zeiten von LICHTENBERG[2] beschrie-

omischen Studien fiel ihm besonders der dem epicyklischen Systeme des PTOLE- noch als das einzig wahre galt, die Be- um einen blofs eingebildeten Punct, den

Lunae.
Schriften. Bd. VI. S. 1.

Mittelpunct des Epicykels, statt haben sollte. We
Mittelpunct in der Peripherie des grofsen Kreises d
Kraft der in der Mitte dieses Kreises ruhenden Er
wird, durch was soll dann der Planet selbst in der
des kleinern Kreises, dessen Mittelpunct ganz leer ist
wegung gesetzt werden?

Von diesem Zweifel beunruhigt wandte er sich
damals in hohem Ansehn stehenden Werke des M
Capella, eines Schriftstellers des fünften Jahrhunder
dem Werke des alten Griechen Apollonius von Pe
nahe 200 Jahre vor Chr. Geb. in Alexandrien lebte
sen sehr sinnreiche Schriften über die Kegelschnitte
theils wenigstens auf uns gekommen sind. Marci
pella war ein Anhänger des oben erwähnten ägyptis
stems, nach welchem die Sonne und die drei obern P
Kreisen um die ruhende Erde gehn, während die zw
Planeten die Sonne auf ihrer Bahn umkreisen. Die
nung hatte bald seinen Beifall gewonnen, aber A
ging noch weiter, indem er alle Planeten um die
Kreisen gehn liefs, während die Sonne selbst wied
im Mittelpunct des Himmels ruhende Erde sich bew
che letzte Darstellung ganz mit dem Tychonischen
übereinstimmt, wie auch schon Gassendi in der
des Copernicus bemerkt hat. Diese Aenderung d
schen Systems konnte einem so reinen Geiste nicht
sehr gefallen, nur fand er es noch sonderbar, dafs
die doch der Mittelpunct aller Planetenbahnen ist,
zugleich der Mittelpunct des Himmels seyn, sondern d
mehr der Erde abtreten sollte. Es schien ihm schw
nehmen, dafs diese Sonne, welche durch ihre Macht
neten um sich führen und die daher ein sehr grofser
tiger Körper seyn müsse, doch nicht nur jährlich u
leicht viel kleinere Erde von West gen Ost, son
noch überdiefs an jedem Tage von Ost gen West
ganzen Himmel sich bewegen sollte. Die Schriften
seine Lieblingslectüre, zeigten ihm bald, dafs mehre
nen nicht angestanden haben, diese Sache ganz
ren, und nicht die Sonne um die Erde, sondern
um die Sonne sich bewegen liefsen. Er ahmte al
Beispiele nach und versuchte es, die Erscheinungen

praussetzung zu erklären, dafs die Sonne
rde sammt allen Planeten sich um sie
e eigene Axe bewegen, und er be-
nicht geringen Freude, dafs diese an
türlich scheinende Darstellung jene Er-
iels auf eine sehr genügende Weise er-

', in seinem 35sten Lebensjahre, hatte
macht, die seinen Namen auf die fern-
lte, aber er wollte sie nicht eher mit-
ahrheit derselben nach allen Seiten er-
ein Vorsatz war, jeden Planeten einzeln
einen Bewegungen zu prüfen und von
construiren, die jene von PTOLEMÄUS
an Genauigkeit weit übertreffen sollten.
er sich mehrere von den Instrumenten,
beschrieben fand, und einen grofsen
beobachtete damit durch mehrere Jahre
die auf diese Beobachtungen gegründe-
d vollendete endlich sein grofses Werk
n jetzt noch zögerte er mit der Heraus-
och 13 andere Jahre mufsten verflieſsen,
chlofs, seine Entdeckungen der Mit-
zu machen. Der Cardinal von SCHOM-
ua, ersuchte ihn im J. 1536 schriftlich
ner Schriften, und GEORG RHAETICUS
r Mathematik in Wittenberg auf, um
nach Frauenberg zu begeben und ihm
Werkes behülflich zu seyn. Endlich
dem bereits oben angeführten Titel zu
3 in Folio, mit einer Zueignungsschrift
Er stellte in diesem Werke sein System
dar, wodurch man die Erscheinungen
infachere Weise, als bisher, darstellen
Buche selbst sieht man deutlich, dafs
ypothese mit innerer Ueberzeugung als
ögliche erkannt habe. Von der Wir-
en Lesern konnte er nicht Zeuge seyn,
durch einen Blutsturz geendet wurde,
noch bevor er die ersten Aushän-

gebogen seines Werkes aus Nürnberg erhalt
wurde in der Kirche zu Frauenberg begraben.
aber wurde noch einmal durch Rhaeticus in B
später 1617 in Amsterdam aufgelegt. Seine Be
schienen im J. 1666 mit denen des Tycho. In
sollen noch Manuscripte von seiner Hand au
Die ersten nach diesem Systeme berechneten Ta
mus Reinhold[1], Professor zu Wittenberg, hera

Das Copernicanische System fand, wie alle
heiten, nur sehr langsamen Eingang bei den
Aufser den beiden schon genannten Gelehrten,
Reinhold, können wir nur noch Christoph
Möstlin, den Lehrer Kepler's, der auch G
neuen Systeme bewogen haben soll, als die e
pernicaner des 16ten Jahrhunderts nennen. Ja
trug nur das Ptolemäische System vor. Die
lauen Aufnahme waren, nebst der gewohnten
an alles Alte und der Scheu vor allem unbe
die Schwierigkeit, sich über den äufsern Sch
und von tief eingewurzelten Vorurtheilen zu be
lich aber die Besorgnifs, sich seinen eigenen F
stellen, wenn man sich den Machtsprüchen der
Autorität der damals sehr mächtigen Kirche wi
che beide die Unbeweglichkeit der Erde aus d
Aristoteles und aus einigen Stellen des alten
einen Lehrsatz aufgestellt hatten, an dem zu
höchst strafbar erklärten.

Wenn er aber auch von seinen Zeitgenos
kannt wurde, die Nachwelt ehrt ihn als den e
gründer der wahren Astronomie und zugleich
von seltener Umsicht und Charakterstärke. Er
in dem grofsen Kampfe, welchen der Irrthum,
des sinnlichen Scheins und durch die äufsere
stützt, gegen zwei volle Jahrtausende mit der W
durch einen entscheidenden Schlag den Sieg au
ser Wahrheit, und zwar für immerwährende Z
zu haben, da es fortan, wo diese Wahrheit ein

1 Tabulae Prutenicae. Witemb. 1551.
2 Epitome Astronomiae. Heidelb. 1582.

überlassen bleibt, daran ändern oder an
ifeln zu wollen. Das System seines gro-
gängers mit seinem künstlichen epicykli-
ins der sonderbarsten und complicirtesten,
nt wurde, ein Gewebe von Scharfsinn,
Verblendung, von Wahrheit und Falsch-
der menschliche Geist, einmal darin ver-
erauswinden konnte. Zwar regte sich die
Wahrheit zuweilen gegen dieses sinnlose
ar zu schwach, in dem allgemeinen Ge-
zu werden. Sie wurde von der grofsen
von Allgemeinheit unterschieden war, über-
h in dem sie von allen Seiten umgeben-
u machen suchte. Auf diese Weise be-
und nach ein systematischer Irrthum des
r Naturlehre, und befestigte sich auf sei-
n, nicht nur durch das Ansehn des Alter-
sogar noch durch eine Art von religiöser
ein reiner, starker, charaktervoller Geist
dieser Hindernisse die Wahrheit zu er-
lten und ihr endlich auch bei anderen die
zu sichern, die sie so lange schon ent-

zu der allgemeinern Annahme des neuen
em Entdecker, beitrug, war GALILAEUS
. 1564, einundzwanzig Jahre nach dem
s, geboren wurde und im hohen Alter
erfundene Fernrohr in den Händen GALI-
en Mercurs und der Venus, die Jupiters-
chkeit des Mondes mit der Erde, die Um-
urch die Beobachtung ihrer Flecken u. s. w.
Jedermann klar, dafs Mercur und Venus in
onne laufen; dafs alle Planeten an sich
r Sonne beleuchtete Körper sind; dafs sich
lso auch wohl unsere Erde, um ihre Axen
die Erde mit ihrem Monde sich in völlig
Jupiter mit seinen Satelliten, befinde, und
s der einzig leuchtende und bei weitem
vornehmste, der Centralkörper des ganzen
e. Dazu kam noch, dafs GALILEI die

bisher ganz dunkle Lehre von der Bewegung
freien Falle der Körper in ihr gehöriges Lich
dadurch gleichsam sich zu dem Gründer der Mech
Alten ganz unbekannten Wissenschaft, gemacht
gab ihm Gelegenheit, die Schwäche der Aris
hauptungen und die grofsen Irrthümer der Schol
gen, und dadurch nicht nur sich selbst, sond
Zeitgenossen von den Vorurtheilen zu befreien
Vorgänger so lange gefesselt hatten. Besonders
Galilei des Copernicanischen Systems eifrig a
erster Verfechter er bald anerkannt wurde. Alle
erhoben sich auch seine Gegner, die nun erst
selbst die Wichtigkeit des Streites kennen lernte
ihre bisherigen unbestrittenen Rechte und Vorth
drohte. Da man aber mit Vernunftgründen
nichts ausrichten konnte, indem dieser alle Gri
schon auf seine eigne Seite gebracht hatte, so s
die Waffen der Autorität und der äufsern Mach
Bewegung zu setzen. Auf diese Weise kam es
Büchercensur verordnete Congregation der Cardin
J. 1615 (72 Jahre nach dem Tode des Coperni
Weltsystem als schriftwidrig und ketzerisch erkl
Stellen des Copernicanischen Werks, welche je
Thatsache darstellten, verdammt und zugleich
selben Systeme huldigenden Schriften des Fosc
wurden. Galilei selbst, dessen Entdeckunge
rige schriftliche Aeufserungen dem neuen System
zupflichten schienen, ward noch in demselben Ja
vorgeladen und konnte nur durch die Erklärun
den alten Lehren bleiben wolle, der ihm dro
entgehen. Allein es war ihm nicht gegeben, di
kannte Wahrheit lange zu verleugnen. Siebenze
ter erschienen seine Dialogen[1], die denn auch b
teinischen Uebersetzung des Matthias Bernegg
lien verbreitet und allgemein gelesen wurd
glaubte recht fein und vorsichtig zu handeln,

1 Florenz 1632. 4.

2 Galilaei Galilaei Lyncei, Academiae Pisanae
Systema cosmicum. Lugd. 1741. 4.

Werke erklärte: „da man im Auslande
chrieben hat, dafs die Verurtheilung des
nem Tribunal ausgegangen sey, welches
tems gar nicht kenne, so wolle er im
n, dafs die italienischen Gelehrten mit
ebenso gut bekannt wären, als die aus-
Dialogen und eine andere anonyme
i ersten namhaften Vertheidigungen des

ng dieser Schrift des GALILEI und das
sie über die Gegner des neuen Systems
he, dafs er schon im Jahre 1632, in
rschien, vor das Tribunal der Inquisi-
wurde. Gegen die Proceduren, die man
, konnte ihn sein Landesherr und Gön-
on Toscana, nicht schützen. Nachdem
lang mit übrigens leidlichem Gefäng-
des französischen Gesandten zu Rom
le er am 20. Junius 1633 vor das Tri-
nem förmlichen Widerruf seiner bishe-
treffenden Lehren gezwungen. Hierauf
glichem Gefängnifs verurtheilt, welches
olgenden Jahre in eine blofse Beschrän-
auf das florentinische Gebiet verwan-
bis an seinen Tod auf seinem Land-
elt, hochgeachtet von Allen, die ihn
r Umgebung von seinen Schülern und
n zu lernen und ihm die letzten Jahre
er ohne Augenlicht verleben mufste,
Anhänglichkeit zu erheitern suchten.
n P. FRISI[2] und von M. FABRONI[3]

sich zu derselben Zeit überall heftige

trum et Theologorum doctrina. Aug. Vindel.

élèbres d'Italie.
es Processes vor der Inquisition findet man
vum. Vol. II. L. 9. und in der französi-
n 17. Juli 1784 und 8. Januar 1785.

Streitigkeiten. Morin, Professor der Mathematik Collegium zu Paris, dem man die glückliche Idee, rohr an die astronomischen Mefsinstrumente anzubri dankt, hatte den unglücklichen Einfall, in einer Gegner des Copernicus aufzutreten; Gassendi[1] wi aber siegreich. Auch das Collegium der Sorbonne z aus Jesuiten bestand, war schon im Begriffe, zur M der römischen Handlungsweise das neue System au eigenes Tribunal zu ziehn, wurde aber durch ei volles Mitglied derselben an der Ausführung ihre gehindert. In den Niederlanden erhob sich Fromo wen gegen Copernicus, der aber wieder von La theidigt wurde. Die zwei bedeutendsten Gegner Systems waren Tycho Brahe, der sein eigenes auf mern von jenem erbauen wollte, und der Jesuit Ri in zwei starken Foliobänden (*Almagestum novum*) pernicus auftrat. Von den Einwürfen dieser bei wird weiter unten die Rede seyn. Unter den dur thätigen Freunden des neuen Systems erschienen (gest. 1694), Lipstorp[3], Wilkins[4] und Zimmer sich besonders über die Stellen der h. Schrift ve man gegen jenes System in frühern Zeiten so oft gesucht hat. Der grofse Kepler hat zwar keine besondere Vertheidigung des Copernicus unternom seine eigenen unsterblichen Entdeckungen sind ga Copernicanischen System erbaut; sie setzten dieses bereits gegeben oder bewiesen voraus und können selbe nicht bestehn; ja sie geben dem Copernicanis erst seine eigentliche Vollendung, indem sie die e Kreise und die Alles verwirrenden Epicykel, die unberührt stehn liefs, aus dem Systeme völlig entf aber die elliptischen Bewegungen einführen und

---

1 De motu impresso a motore translato. L. B. 1649.

2 Astronomia philolaica. 1639; eins des besten a Werke des 17ten Jahrhunderts.

3 Copernicus redivivus. L. B. 1653.

4 Copernic defended. London 1660; deutsch: Verth pernicus. Leipz. 1713.

5 Scriptura sacra copernizans. Frankf. 1690.

ler Planeten auf ebenso einfache als
hren.

unserer Zeit nicht mehr angemes-
ngen der Erscheinungen des Him-
us dem neuen Systeme folgen, hier
Nach diesem Systeme wird die täg-
n Himmels um die Pole von Mor-
ne scheinbare Bewegung dargestellt,
irklichen Umdrehung der kugelför-
on Abend gegen Morgen hat. Eben-
e jährliche Umlauf der Sonne in der
dargestellt, wenn man die Sonne
e um sie in derselben Ekliptik sich
dieser doppelten Bewegung der Erde
n und die Stationen und Retrogra-
s Einfachste und Genügendste darge-
mehr als einem Orte dieses Werkes

e Kugelgestalt der Erde.

n Copernicus vorausgesetzte Gestalt
ier ebenfalls keiner weiteren Beweise
folgen bekanntlich aus dem allmäli-
teren Theile von hohen Gegenstän-
der Gebirgen, wenn man sich mehr
; ferner aus den Erscheinungen, wel-
eten, wenn wir in der Richtung des
sen; aus unsern sogenannten Reisen
Schatten der Erde bei Mondfinster-
Messungen der Oberfläche der Erde
ungen) und endlich aus der Analogie
hen Himmelskörpern, den Planeten
s alle die Gestalt einer Kugel haben.
eisen für die Kugelgestalt der Erde
n Erdschatten bei Mondfinsternissen
dienen. Man sieht bei diesen Fin-
r Erde auf dem Vollmonde immer
fst davon auch sogleich rückwärts
der Erde. Allein wenn eine Kugel

auch z. B. von einer Ebene geschnitten wird, entstehende Schnitt immer ein Kreis, und ein K der Seite betrachtet, immer als eine Ellipse g also der Mond, wie Niemand zweifelt, selbst ei hat, so würde auch die Schattengrenze der Erd sternissen einem zur Seite stehenden Zuschauer im Allgemeinen rund erscheinen, wenn gleich Kugel, sondern z. B. eine ebene Tafel oder ei ebenen Tafeln begrenzter Körper wäre, so dafs Form des Erdschattens nichts für die Kugelgest beweisen scheint. Allerdings erscheint der Sch Kugel, wie hier des Mondes, durch eine Eben stehenden Beobachter als eine Ellipse, und zwa schmälere Ellipse, je näher der Beobachter jen Ebene steht. Liegt sein Auge in dieser Ebene die Ellipse, deren kleine Axe jetzt völlig versch gerade Linie über. Allein die Beobachter auf de Erde sind, zur Zeit einer Mondfinsternifs, imm dieser schneidenden Ebene, welche hier die Sc der Erde ist, und sie würden daher, wenn dies eine Ebene, wenn also auch die Erde selbst e oder von solchen Tafeln begrenzt wäre, die Schattens auf dem Monde als eine gerade Linie lein sie sehn diese Grenze immer nur als eine woraus denn sofort folgt, dafs die Erde selb einer krummen Fläche begrenzt seyn müsse.

Ebenso ist oben gesagt worden, dafs aus d gen derjenigen, die in der Richtung des Meridia reisen, die Kugelgestalt der Erde folge. Wen z. B. von Süd gen Nord um 1, 2, 3 ... Grad fortschreitet, so nimmt auch die Höhe der Ster in eben demselben Verhältnisse von 1, 2, 3 Nennt man s den Bogen, den man auf diese Erde zurücklegt, und ω den Winkel, welchen malen an den Endpuncten dieses Bogens unter soll also jeder Durchschnitt der Erdoberfläche, d tung eines Meridians geführt wird, die Eigensch in der so entstehenden krummen Linie des Du Element des Bogens ∂s zu dem Elemente seine ein constantes Verhältnifs habe. Nennen wi

ür die Differentialgleichung der ge-

$$\frac{s}{\omega} = a.$$

shalbmesser, so ist für jede Curve
= a, oder die gesuchte Curve ist der
halbmesser für alle Puncte denselben
berhaupt, wenn ∂x constant ist,

$$= -\frac{\partial s^3}{\partial x \partial^2 y},$$

ten Coordinaten eines Punctes der
en. Setzt man der Kürze wegen
$\partial s^2 = \partial x^2 + \partial y^2$ ist, für den Krüm-
Ausdruck

$$\frac{\partial x}{\partial p} \cdot (1+p^2)^{\frac{3}{2}},$$

man $r = a$ setzt, für die Meridiane
ält

$$\frac{\partial p}{(1+p^2)^{\frac{3}{2}}} = 0.$$

das Integral

$$\frac{p}{\sqrt{1+p^2}} = \frac{b}{a},$$

tegration bezeichnet. Diese Gleichung
ben werden:

$$\frac{b-x}{\sqrt{a^2-(b-x)^2}}$$

ist,

$$\frac{(b-x)\,\partial x}{\sqrt{a^2-(b-x)^2}},$$

eichung ist wieder das Integral

$$+ \sqrt{a^2-(b-x)^2}$$

$$+ (b-x)^2 = a^2,$$

und dieses ist die bekannte Gleichung des
Halbmesser a und dessen Coordinaten des Mitt
c sind.

Aus der vorhergehenden Analyse folgt dahe
ridiane der Erde die Gestalt eines *Kreises* von
messer haben, wenn man nämlich die Abplattu
unberücksichtigt läfst. Daraus würde nun allerd
der Schlufs zu ziehn seyn, dafs die Erde d
Kugel haben müsse, sie könnte vielmehr auch
der mit kreisförmiger Basis seyn, dessen Axe
von Ost nach West gelegt ist. Allein in die
den alle irdische Meridiane unter einander
seyn und jedes Gestirn würde an *allen* Orten
nem und demselben Augenblicke culminiren
Meridian gehn. Nun ist aber bekannt, dafs
Fall ist. Für die Sonne z. B. haben, wenn an
Mittag ist, alle westlich hiervon liegende Ort
tag und alle östliche schon Nachmittag u. s. w.
dem Vorhergehenden, dafs die Erde eine der K
nahe kommende Gestalt haben werde.

Dieses führt auf die verwandte Frage,
der über uns sichtbare Himmel in der Gestalt
kugelförmigen Gewölbes erscheint, und wie gr
kung ist?

Fig. 173. Sey C der Mittelpunct der Erde, so ersch
achter in D der ihm sichtbare Theil des Him
Bogen BAb, nicht aber unter dem Halbkreise
Geraden BDb und ECe auf dem Halbmesser
achters senkrecht stehn. Wenn nämlich der
einen Stab DM gegen sein Auge so stellt, da
ihm sichtbare Hälfte BA des Himmels in
halbirt, so wird er den Winkel BDM keinesw
sondern vielmehr nur nahe gleich 23° finden.
Voraussetzung, wie grofs ist dann das Verhäl
Linien BD und AD, oder, was nahe dasselbe
sich der Halbmesser EC des Himmels zu
Höhe AD desselben?

Sey überhaupt der gegebene Winkel BD
ziehe MF senkrecht auf AC und überdiefs d
BC und BA. Da nach der Aufgabe der Boge

Winkel ACM = MCB = φ, und da
α ist, so hat man

$$\frac{CF - CD}{FM} = \frac{\text{Cos.}\varphi - \text{Cos.}2\varphi}{\text{Sin.}\varphi}.$$

$= 2\varphi$, also auch der Winkel
$D = 90° - \varphi$

$= \text{Cotg.}\varphi$.

$= x$, so ist

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}},$$

$$\varphi = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$\varphi = \frac{x^2-1}{x^2+1}.$$

erthe von Sin.φ, Cos.φ und Cos.2φ
usdrucke

$$\frac{\text{Cos.}\varphi - \text{Cos.}2\varphi}{\text{Sin.}\varphi},$$

$$\text{x}).x^2 + x = \frac{\text{Tang.}^2\alpha - 1}{2\,\text{Tang.}\alpha}$$

nung giebt den gesuchten Werth von

ngeführten Beobachtung, $\alpha = 23°$, so
und daher die letzte Gleichung

$$x^2 + y + 0{,}96569 = 0,$$

also auch $\varphi = 16° 34'$, so dafs
zufolge, der Himmel als ein gedrück-
rscheint, dessen horizontaler Halbmes-
sselben beträgt.

igen Erde haben bekanntlich unsere
e gegenüber am andern Ende dessel-
nen, Mitternacht, wenn wir Mittag

haben, und umgekehrt. Wenn man nun in W
Sonntag Mittag zählt, so wird man bei den A
Stadt oder auf einem Schiffe, das eben durch
Antipoden fährt, um 12 Stunden mehr oder we
weder den Anfang des Montags oder den An
tags zählen, wenn man nämlich auch dort die
in unserer bürgerlichen Zeitrechnung, mit der
ginnt. Unsere Weltumsegler haben in der Tha
troffen; sie begegneten Inseln, die einen ha
und wieder, oft ganz in der Nähe von jenen
seln, wo die Einwohner derselben einen halbe
zählten, als die Schiffsrechnung zeigte, die ihr
aus Europa beibehalten hatte. Auf diese Weise
Völkern, selbst civilisirten, aus Europa in früh
gewanderten Völkern, auf zwei nur wenig vo
fernten Inseln, die *einen ganzen Tag* in ih
von einander verschieden waren. Welche vo
Recht und wie sollten sie eigentlich zählen?

Diese Frage mufs unbestimmt bleiben. We
bleibt bekanntlich mit seiner Zeit gegen die O
der, die er auf seiner Reise trifft, immer mel
aber seinen Lauf gen West richtet, gewinnt in
demselben Mafse, wie er weiter gen West vorri
die gegenwärtigen Einwohner der einen jener b
Europa gekommen, indem sie von West gen O
zählen sie einen Tag weniger, als auf der and
vielleicht ganz nahen Insel, nach welcher aber
wohner aus Europa von Ost gen West gekomm

Ueberhaupt, wenn ein Ort in der Nähe un
z. B. von Wien aus, die östliche Länge A ha
fenbar auch die westliche Länge $24^h - A$.
Bewohner dieses Orts seine Lage in Beziehun
östlich an, so wird er zu der Zeit, wo man i
zählt, die Zeit (T + A) Uhr haben. Betrac
Lage seines Orts als westlich von Wien, so w
in Wien T Uhr ist, an seinem Orte $T-(24^h-A)=$
also genau einen Tag weniger als zuvor, zähle
einem Antipoden freistehn mufs, seine Richtun
auf den Ort, dessen Antipode er ist, östlich o
nennen, eben weil er keines von beiden ist, ind

nesser der Erde gerade gegenüber steht, so
nicht entschieden werden, und noch we-
ein englischer Seefahrer bereits versucht
dieses Umstandes durch eine Parlaments-
n.

r die tägliche Bewegung der de um ihre Axe.

erden wir uns bei der Untersuchung auf-
ne Bewegung des Himmels von Ost gen
Erde eine wahre Bewegung des Him-
hein, eine optische Täuschung sey, die
wegung der Erde von West gen Ost um
den blofsen äufseren Erscheinungen die-
chts, was uns zur Annahme der einen
beiden Hypothesen vorzugsweise bestim-
r hängt diese Wahl, so lange wir näm-
ufsern Erscheinungen stehen bleiben, von
wie wir denn auch noch immer, ob-
der eben erwähnten Fälle als den ein-
den älteren Sprachgebrauch von dem
von der Culmination der Gestirne u. s. w.
doch auf die erste der beiden genannten
uf eine anerkannt falsche Voraussetzung
e für die tägliche Bewegung der Erde
bekanntlich aus der äufsersten Unwahr-
viele, so grofse und so sehr unter
selbst entfernte Himmelskörper sich mit
ftlichen, gleichförmigen Geschwindigkeit
ung auf alle jene Körper, ganz unbedeu-
de, bewegen sollen; aus der durch die
tation entstehenden Abplattung der Erde
; aus der Verschiedenheit der Pendellänge
fernungen von dem irdischen Aequator;
versuchen der Körper von hohen Thür-
der Beobachtung mehrerer, der Erde in
ung verwandten Gestirne, die durch die
ng der Flecken auf ihrer Oberfläche eine
elben um ihre eigenen Axen zeigen.

Die Einwendungen, die man gegen die t
gung der Erde gemacht hat, verdienen jetzt kei
derlegung mehr.

H. Beweise für die jährliche Bew
Erde um die Sonne.

Ganz ebenso wird man endlich auch mit
oben genannten Erklärungen, durch welche sic
canische System vor allen andern auszeichnet,
nen. Die Sonne scheint sich nämlich jährlich
Ost am Himmel in einem Kreise zu bewegen,
telpuncte die Erde steht. Allein dieser Schei
derselbe bleiben, wenn auch die Sonne in de
eines Kreises ruhen und dafür die Erde in
dieses Kreises, in der Ekliptik, sich jährlich
Ost bewegen sollte. Wenn wir nämlich jetz
Anfange des Frühlings in der Länge 0°, im An
mers in der Länge 90° u. s. w. von der Erde
kann dieses auch daher kommen, weil man, vo
Sonne aus, die um sie sich bewegende Erde
Frühlings in der Länge von 180°, im Anfang
in der Länge von 270° u. s. w., kurz immer u
sehn würde, als wir von der Erde aus die So
Beweise für die in der That statt habende jähr
der Erde um die Sonne folgen bekanntlich aus
daraus hervorgehenden sehr einfachen Erklärun
und Retrogradationen der Planeten; aus der dan
Vereinfachung der Darstellung aller übrigen,
dern Annahme äufserst verwickelten Phänomen
nensystems; aus der Analogie mit mehrern ande
pern, die sich, wie wir sehn, ebenfalls um di
gen; aus der im Vergleich mit der Erde an Mass
an Volumen aber über 1300000mal gröfsern
auffallenden Unwahrscheinlichkeit, dafs ein so
sich um einen so vielmal kleinern bewegen sollt
besonders aus der *Aberration des Lichts*[1], we
mittelbaren und unwiderleglichen Beweis für di

1 S. Art. *Abirrung des Lichts*. Bd. I. S. 15.

die Hand giebt, wenn es überhaupt noch
lte, eine bereits allgemein anerkannte
fernere Gründe zu unterstützen. Wir
bemerken, dafs das dritte Gesetz Kep-
mittelbar auf diese Bewegung der Erde
von den beiden Himmelskörpern, der
e, der eine derselben sich in der That
wie denn dieses von dem Monde schon
angenommen werden mufste, so kann
e, die Sonne, sich nicht mehr um die
die Umlaufszeit der Sonne ist nahe 13mal
des, und die Distanz der Sonne ist über
des Mondes von der Erde. Wenn aber
Mond, sich um die Erde nach jenem
würde man, wenn x die Entfernung der
zeichnet, die Proportion erhalten:

$$1^2 : 13^2 = 1^3 : x^3$$

$$= \sqrt[3]{169} = 5{,}53,$$

r Sonne würde, unter dieser Voraus-
fser seyn, als die des Mondes von der
e gesagt, über 400mal gröfser ist. Nach
agen ist nämlich die Distanz der Sonne
880000, die des Mondes von der Erde
Meilen.

e, von Copernicus der Erde
beigelegte Bewegung.

Rotation der Erde um ihre Axe und
g derselben um die Sonne glaubte Co-
h eine dritte Bewegung geben zu müs-
Gesammtheit der äufsern Phänomene er-
ndem er nämlich die regelmäfsige Ab-
zeiten auf der Erde in seinem Systeme
sich immer parallel bleibenden Stellung
Ebene der Ekliptik sehr richtig ableitete,
dafs dieser Parallelismus der Erdaxe nur
te Bewegung der Erde erhalten werden

könne. Er nannte sie eine *Declinationsbeweg*
jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne
wäre. Durch diese zwei gleichen und entgegeng
gungen, sagt er, wird bezweckt, dafs die Erda
dische Aequator immer dieselbe Lage am Himm
Allein dieser *Motus declinationis seu Parall*
blofse Fiction, die keinen Grund für sich hat.
war zur Zeit des Copernicus noch sehr unvo
eigentlich noch gar nicht vorhanden, sonst wi
haben, dafs bei der freien Bewegung der Körpe
tende und die rotatorische Bewegung derselbe
unabhängig sind, und dafs, bei Kugeln wenig
tationsaxe durch die Kräfte, welche die progre
ihres Mittelpuncts bewirken, nicht aus ihrer
wird, daher der Parallelismus dieser Axe vielm
senheit einer dritten Bewegung beweist, indem
eine eigene Bewegung erforderlich wäre, um
merwährend aus dem mit ihrer ersten Lage p
herauszubringen. Dieser Parallelismus der Erd
natürliche Stellung dieser Axe, die sich nich
keine Ursache zu einer solchen Aenderung da i
dafs sie anfänglich eine bestimmte Stellung im
halten habe, um dann auch diese Stellung für
halten, trotz der Rotation der Erde um ihre Ax
volution derselben um die Sonne[2]. Tycho,
grofser Beobachter, aber kein mathematischer K
hielt diesen Irrthum des Copernicus um so l
er ihn als Waffe gegen seinen grofsen Vorgäng
suchte, indem er eine so grofse und schwerfäll
er die Erde darstellte, unmöglich mit drei ver
wegungen begabt annehmen wollte, da ihm ei
aussetzung gar zu absurd erschien.

---

1 De revolutionibus. Lib. I. Cap. 11.

2 S. Lalande Astron. trois. éd. §. 1100. Poiss
canique. 2me éd. T. II.

Nachrichten von den Wider-Copernicanischen Systems.

sere Absicht seyn, die Gründe, welche die ersten Nachfolger des Copernicus gestellt haben, hier zu widerlegen oder nzuführen. Es wird genügen, die vor- ur kurz anzudeuten und uns dabei auf Aufsehn machenden Gegner des Coper- (geb. 1598 zu Ferrara, gest. 1671) und en 1546, gest. 1601), zu beschränken. rzüglich auf einige Stellen des alten Te- s die stärksten Beweisgründe galten, und rch mathematische Gründe ins Gedränge und unbesiegbare Waffe zu Hülfe riefen. Josua Cap. X, Vers 13; Psalmen 92, 5; Prediger Salomonis Cap. I, Vers 5; , Vers 8; Buch der Richter Cap. V, Vers a, Cap. IV, Vers 34. Es ist aber hier diese Stellen mit ihren Erläuterungen ehn[1].

n seinem Uebermuthe die Sache am wei- te, führt nicht weniger als *siebenundsie-* das Copericanische Weltsystem umständ- egt *neunundviersig* andere Sätze ebenso nen er annimmt, dafs man sie etwa für

über diesen Gegenstand sagte, findet man in mmengetragen: Kepler in: de stella Martis, in r. Cosmogr. in den Noten zu Cap. I; ders. Copern. Lib. I; Rothmann in einem Briefe, stolis Tychonis p. 130 befindet; Foscarini in n seinen Carmelitergeneral. Neapel 1615 und in Apolog. pro Galileo. Frankf. 1622; Heri- seines Cursus Mathematicus; J. Lansberg in lipp Lansberg gegen Morin, Middelburg 1633, ag. novum Vol. II. p. 487, so wie endlich auch 1105.

vum Astronomiam veterem novamque com- 651. II T. fol. Frankf. 1653. II T. fol. T. II.

dieses System noch anführen könnte. Als
zahl, nicht auf den Gehalt dieser Beweise a
nicht schon ein einziger, aber unwiderleglich
gewesen wäre, die Wahrheit der einen oder
andern Sache hinlänglich zu beweisen! E
sich bei der Behauptung, dafs die Vögel, w
in der That bewegte, ihre Nester, ja selbst
mehr finden könnten. Zur Widerlegung hä
als Zuschauer rufen sollen, während man auf
gel oder Billard spielte[1]. Tycho, der jene
des Riccioli auch auszubeuten sucht, brin
mehrere andere vor, die er aber, wir wollen
glauben, nicht vorgebracht haben würde, w
achtungen seiner Nachfolger gekannt hätte.
aus allen seinen Kräften dagegen, dafs eine
behülfliche Masse, wie die Erde, sich so schn
bewegen soll, und doch liefs er selbst nac
Systeme die noch viel unbehülflichere Sonne
bewegen. Er kann es nicht zugeben, dafs wir
den den Kopf unten und die Füfse oben hab
unsere Reise um die Welt würde ihm gezeigt
Antipoden haben, dafs daher sein Einwurf nic
und dafs derselbe nur auf einem Vorurtheile od
richtigen Ansicht beruht, die er daher berichtigen
sten empörte ihn die grofse Distanz der Fixster
oder von der Erde, die Copernicus angenon
daraus zu erklären, warum wir keine Paralla
Veränderung dieser Sterne in ihrer gegenseiti
merken, während doch unsere Erde jährlich
schreibt, dessen Durchmesser über 40 Million
beträgt. Copernicus selbst fand sich ohne Z
Mangel dieser Parallaxe auch eine Zeit lang
seiner Ideen aufgehalten. Aber vor seinem
Einfachheit und die schöne Harmonie seines
und klar da, dafs er keinen Anstand nahm, di
Fixsterne so grofs anzunehmen, damit sie mit
nicht weiter im Widerspruch stehn könne.
Systems war ihm, nicht etwa aus Speculationen

1 Vergl. Lalande Astronom. T. I. p. 403.

holten Erfahrungen und Beobachtungen
Ueber die Entfernung der Fixsterne
gar nichts; warum sollte er sie also
h annehmen, um nicht etwa sein Sy-
ndern Seiten bereits auf das beste be-
Entfernung, sondern vielmehr um diese
System in Einklang zu bringen. Zahl-
er Nachfolger haben gezeigt, dafs Co-
gut gerathen hat, und dafs ein Mann
mal des wahren Wegs gewifs ist, ihn
, wenn er da und dort auf ihm Hin-
vielleicht nur scheinbar sind. Dieser
Fixsterne, gegen welchen selbst der
nur als ein ganz unmerklicher Punct ver-
wesentlicher Theil der Copernicanischen
uns aber hindern, diesen Abstand in
ehmen, wie es allen unsern Beobach-
d *Grofs* und *Klein* nicht blofse rela-
uns nicht dasjenige sehr grofs erschei-
sen nur sehr klein vorkommen mag?
e Neuheit des Einfalls, ihn auch als
llein denselben Einfall hat schon
(300 Jahre vor Chr. Geb.) gehabt, und
ns alt genug, um nicht mehr durch
n. Als man ihm, der ebenfalls die
Kreise um die Sonne gehn liefs, den-
Parallaxe der Fixsterne machte, ent-
er Abstand der Fixsterne zur Erdbahn
sser einer Kugel zu ihrem Mittelpuncte,
er der ganzen Erdbahn gegen den Ab-
uns nur als ein Punct oder als eine
zu betrachten sey[1]. Dieselbe Beweis-
RNICUS[2] vor. Ohne diese Voraus-
Distanz der Fixsterne würde auch die
ihnten Parallelismus ungeachtet, nicht

us in den Werken des JOH. WALLIS Vol. III.
des ARCHIMEDES von BARROW. Lond. 1675.

t. Cap. VI.

immer dieselbe Stelle am Himmel treffen, wie
wenn man nämlich die Präcession und Nutation
tigt läfst, sondern diese zu beiden Seiten bis a
verlängerte Axe würde am Himmel einen klei
schreiben, welchen man an den Stellungen des
Fixsterne bald erkennen müfste. Horrebow un
Zeiten Calandrelli, Piazzi und Herschel
zwar durch ihre Beobachtungen einen solchen
in der That bemerkt, oder mit andern Worte
die Parallaxe der Fixsterne beobachtet zu ha
zeigte sich bald, dafs sie sich geirrt hatten, und
sere besten Instrumente nicht im Stande sind,
bisher noch viel zu kleine Parallaxe oder dies
zu grofse Distanz der Fixsterne in der That au
niger Verläfslichkeit zu messen. Doch hat das
holte Aufsuchen der Parallaxe, die dann allerd
schönen Beweis der jährlichen Bewegung der E
desselben noch bedürften, gegeben hätte, den A
legenheit gegeben, eine andere, noch interess
kung, die der Aberration des Lichtes, zu mac
cher dann auch jener Beweis gleichsam v
folgt ist.

Ferner glaubte Tycho, in der Schwungkr
die Rotation der Erde um ihre Axe entsteh
tigen Beweis gegen diese Rotation selbst zu fin
nämlich diese Schwungkraft so grofs, dafs durch
per auf der Oberfläche der Erde zerstreut und
geführt werden müfsten. Allein wenn er be
hätte, so würde er gefunden haben, dafs durch
kraft die Schwere der Erde selbst unter dem Aeq
die Schwungkraft am gröfsten ist, nur um ihren
vermindert wird.

Endlich behauptete er noch, dafs die Kome
in Opposition mit der Sonne sind, keine solche
gen (des Rückgangs u. dgl.), wie die obern P
wenn diese auch der Sonne gegenüberstehn, und
solche Erscheinungen zeigen müfsten, wenn die
wegung der Erde um die Sonne, die Copern
hatte, in der That statt fände. *Cometas insupe
spectos et in solis opposito versantes motui ter*

non in tantum distent, ut plane is evaxis fit sideribus: Copernicanam proinde otu terrae quoque collabescere. Dieser Ein- seyn, wenn er zugleich wahr wäre. Aber nur wenig Kometen beobachtet und sprach lie er nicht genau kannte. Hätte er nur können, dessen scheinbare Bahn so ver- war, dafs Cassini sie sogar durch zwei n, die man mit einander vermengt habe, würde er wohl seine Meinung geändert nn er bemerkt hätte, dafs dieselbe äufserst ch die blofse Annahme der jährlichen Be- ne sehr einfache krumme Linie geworden Kometen, die für ihn ein Mittel abgeben icanische System zu bekämpfen, würden ten Gründe mehr gewesen seyn, diesem n und ihm sein eigenes, so wohlgefällig uf dasselbe herabgesehn haben mag, wil- ingen.

Darstellungen des Copernicanischen Systems.

System und die gegenseitige Lage seiner *en* darzustellen gesucht, die sich alle um nen Mittelpunct, die Sonne, drehn. Peter [1] hat eine Vorrichtung dieser Art auf 59 dabei die Ptolemäische Hypothese beibe- mbach (Koesfeld)[2] lieferte solche Schei- für das Copernicanische System. In den an eine Menge Versuche dieser Art von t, die man sich aber auch wohl leicht n.

kostbarer zugleich sind die sogenannten *Planétaires*, engl. *Orreries*), welche die eten durch Räderwerk vorstellen. Selbst

esareum. Ingolst. 1540. fol.
bium. Lugd. Bat. 1691.

Huygens[1] fand es nicht unangemessen, sich
tigung einer solchen Maschine zu beschäftigen.
son[2] hat eine andere solche Planetenmaschine
Frankreich haben sich Fortin, Grenet, Fl
Deutschland Vischer, Hahn, Riedel und
die Nürnberger Künstler in der Verfertigung
und Maschinen ausgezeichnet. Die meisten de
den erhabenen Gegenstand, den sie repräsentire
höchst unvollkommen dar, und wessen Imagi
viel Spannkraft hat, um die Einrichtungen und
Einrichtungen folgenden Erscheinungen des Plan
ohne solche Hülfsmittel zu erklären, dem wird
den besten und theuersten Planetarien nur sehr
seyn. Aus diesen Gründen wahrscheinlich hat
alle diese Maschinen in die Kategorie der künstli
losen Bratenwender geworfen.

L. Kepler's Weltsyste

Gewöhnlich begnügt man sich, wenn vo
steme die Rede ist, mit der Aufzählung d
Ptolemäischen, Tychonischen und des Coper
stems, mit welchem letzteren man die Reihe für
Allein Copernicus hatte uns nur die Anordnu
anderfolge der Planeten und ihre gemeinschaft
um die Sonne, so wie die jährliche und täg
der Erde, die er dadurch in die Zahl der übrig
nahm, gelehrt, und so grofs dieses Verdien
Lehre auch gewesen ist, da sie einer jeden wa
der Erscheinungen jener Himmelskörper noth
gehn mufste, so blieben doch noch gar viele
wortet, die sich nicht etwa auf minder
nigkeiten und Nebensachen, sondern unmit
ganze Organisation des neuen Systems im G
Copernicus hatte uns durch die tägliche Ro
um ihre Axe eine genügende Erklärung der sc
chen Umwälzung des Himmels und durch di

1 Descriptio automati planetarii. In Opp. rel. A
2 Astronomy explained. Lond. 1754.

die Sonne eine ebenso vollkommene Auf-
ten Bewegungen der Planeten, ihrer Sta-
ionen, gegeben, oder er hat uns den wah-
nten *zweiten Ungleichheit* der Planeten
in die *erste Ungleichheit* oder die un-
ng der Planeten in ihren Bahnen liefs
nd er mufste sie auch unerklärt las-
Kreisbewegung, welche die Alten den
gegeben hatten, nicht ebenso kühn
von denselben Alten angenommene Ruhe
cte des Systems verworfen hatte. Allein
e er nicht zu rühren, und so mufste
Wege stehn bleiben. Die alten Grie-
ophen als Astronomen waren, und denen
en, durch welche sie ihren Scharfsinn
m die wahre Erkenntnifs der Natur auf
der Beobachtungen zu thun war, nah-
ahnen der Himmelskörper als *kreisförmig*
Kreise ihren Beobachtungen, um welche
enig kümmerten, am besten entsprachen,
physischen Grunde, weil der Kreis, un-
nien die einfachste, die vollkommenste
r der Natur die angemessenste Linie seyn
te sich freilich in den bessern Köpfen der
nnahme doch wohl nicht die rechte seyn
re Erscheinungen (der ersten Ungleich-
i den Bewegungen der Sonne und des
am besten kannten, durch ihre Kreise
. Diese Erscheinungen deuteten offen-
r nach *ungleichförmige Geschwindig-*
per, und da sie eine solche, als der
die nur gleichförmig seyn kann, wider-
men konnten, ohne ihr erwähntes meta-
ren zu lassen, so kamen sie auf den
mehrere Kreise über einander laufen zu
künstliches Gerüste von Epicykeln die
sie in ihrem Systeme bemerkten. Wir
schnitt C.) bemerkt, dafs sie sich durch
gen, die der scheinbare Halbmesser des
Unrichtigkeit und Falschheit ihrer Hy-

pothese hätten überzeugen können. Allein di
faſste Idee von der Vortrefflichkeit des Kreise
allen Köpfen gewurzelt und fand einen zu al
gang, als daſs man es hätte wagen dürfen, ih
felnd entgegen zu treten. Bis in die Mitte des
derts blieb sie die herrschende Idee nicht bl
Haufens oder der mit der Sternkunde gewöh
bekannten Philosophen, sondern auch der eige
men. Selbst Copernicus, dem es doch, wie
ben, nicht an Muth und Kraft gefehlt hat, alt
tiefgewurzelten Vorurtheilen entgegenzutreten
groſse und seltene Mann, der sein ganzes, lang
verwandt hatte, eines der ältesten und hartn
Vorurtheile zu bekämpfen, selbst er konnte sic
nicht trennen, welche so viele verflossene Jahrh
sam geheiligt hatten, und so groſs auch sein
die Wissenschaft waren, so beschränkten sie
darauf, die Kreise der Alten anders zu verthe
diese Kreise selbst, an die er ebenso fest, wie
gänger, glaubte, weiter zu berühren.

Dieser wichtige Schritt zur Erkenntniſs de
dem nahe hundert Jahre nach Copernicus kom
vorbehalten. Johann Kepler wurde zu Wiel
am 27. Dec. 1571 von armen Aeltern geboren.
und Jugend brachte er in Dürftigkeit zu, vielle
dem Kampfe vorzubereiten, den er sein ganzes
mit dem ungünstigsten Schicksale zu bestehn ha
zwanzigstes Jahr verschaffte er sich in Tübinge
logie studirte, seinen Unterhalt durch Erziehun
der. Zwei Jahre später wurde er Professor de
Grätz in Steiermark, wo er auch im J. 1596 se
res Werk, *Mysterium cosmographicum*, herausg
Schrift wurde er dem Tycho Brahe in Prag b
dessen Ansuchen vom Kaiser Rudolph II. al
hülfe im J. 1600 nach Prag geschickt. Da
hier, während der Unruhen des 30jährigen Krie
Besoldung nicht auszahlte, so begab er sich na
tigkeit zu Prag verlebten Jahren wieder als Pr
thematik nach Linz, wo er neue funfzehn Jah
rungen und mit religiösen Verfolgungen kämpft

er die Vorschläge eines Privatmanns an,
berufen wurde. Da man aber auch hier
lingungen, indem es Jedermann an Geld
so begab er sich in die Dienste des be-
N, Herzogs von Friedland, der in ihm
stronomen, als vielmehr einen Astrolo-
SENI erwartete. Um ihn wieder los zu
darauf als Professor nach der Univer-
t, über welche Wallenstein das Patronat
r wurde ihm seine Besoldung zurückge-
von Prag und Rostock noch rückständi-
etteln, reiste er im J. 1631 ganz allein
ausgeschriebenen Reichstage in Regens-
t von den Anstrengungen der Reise, von
ngen aller Art, erkrankte und am 15. Nov.
.

Weg zu zeigen, auf welchem KEPLER
Entdeckungen gelangt ist, die jetzt allge-
nung der *drei Kepler'schen Gesetze* be-
ir zuerst bemerken, dafs er durch einen
l in demselben Jahre (1600) nach Prag
ho die Reduction der 20jährigen Opposi-
s vollendet hatte, die seit d. J. 1580 in Ver-
TANUS von ihm beobachtet worden waren.
waren erstens mit besseren Instrumenten
falt und Geschicklichkeit angestellt, als
re; sie waren zweitens an einem Plane-
n seiner Opposition unter allen oberen
nächsten kommt, und dessen geocentri-
sehr grofs und leicht mit Genauigkeit auf-

und lehrreiche Biographie von ihm ist: Jo-
Wirken, nach neuerlich aufgefundenen Ma-
Freih. v. BREITSCHWERT. Stuttg. 1831. 8. Seine
d nebst dem bereits genannten *Myst. cosmo-*
und 1621, seine *Paralipomena ad Vitellionem.*
in pede Serpentarii. Pragae 1606; *Astronomia*
agae 1609; *Dioptrica*, Augustae Vindel. 1611
e Astronomiae Copernicanae, 1618, 1621, 1622;
quinque, Lincii 1619; *De Cometis*, Augustae
Rudolphinae. Ulmae 1627.

zufassen ist, und sie betrafen endlich drittens dessen Bahn wieder unter allen obern Planeten gröfste Excentricität hat und bei welchem man weichung seiner wahren elliptischen Bewegung dahin supponirten Kreisbewegung am ersten ent alles sehr günstige Umstände, welche den neuen gleichsam den Weg bahnen mufsten. Schon Ty noch vor Kepler's Ankunft, bemüht, diese Be Mars durch irgend eine hypothetische Bahn d stellen, und er hatte auch eine solche Hypo mit welcher wenigstens er selbst ganz zufrieden sie die von ihm beobachteten Oppositionen nu Minuten genau darstellte, ein Fehler, den er d menheit seiner Beobachtungen zuzuschreiben sich um nur seiner Hypothese nicht zu nahe zu tret

Schon die Alten hatten nämlich angenomm
Fig. 174. die Sonne M sich in einem Kreise bewege, des C ist, während die Erde nicht in diesem Mitt dern in einem andern Puncte A′ der Linie ruh Apsiden P und Q mit diesem Mittelpuncte verb war nun der sogenannte *excentrische Kreis*, vo reits oben (Abschnitt C) gesprochen haben. sehn, dafs diese Hypothese des excentrischen identisch mit der eines Epicykels ist, dessen M auf dem Kreise QMP bewegt und dessen Ha der Entfernung CA′ der Erde A′ von dem Mit nes Kreises ist, so dafs beide Hypothesen gan analytischen Ausdrücke für den geocentrischen führen. Da aber die Alten bald bemerkten, dafs setzung die Beobachtungen der Sonne nicht e darstellte, so brachten sie eine sogenannte Verbess indem sie nämlich noch die Bedingung hinzuse Sonne in der Peripherie des Kreises QMP nic wie bisher, sondern so einhergehn sollte, dafs andern Punct A (der ebenso weit wie A′ von C andern Seite von C entfernt ist) in gleichen Winkel QAM beschreibe. Sie nahmen also v puncte C aus auf der Apsidenlinie PQ zwei Pu in gleicher Distanz von C, und nahmen an, dafs dieser Puncte A′ die Erde stehe, während die

s Kreises eine (nicht, wie bisher, um C, dern Punct A gleichförmige Winkelbewe- Diese Hypothese nahm nun TYCHO wieder ne auch sie noch mit einer weiteren Ver- dachte, von seiner Erfindung zu versehn. ie zwei Puncte A und A′ in *ungleichen* m Mittelpuncte C an, und liefs dann um Mars in seinem Kreise QMP sich gleich- ährend er in den andern Punct A′, sei- Weltsysteme zufolge, die ruhende Erde

it dieser Anordnung nicht sehr zufrieden cht erst erinnert werden, da er dem Co- t dem Tychonischen Weltsysteme anhing. er sich bald unabhängig machen, da er , die Sonne in den Punct A′ versetzen Fehler von fünf Minuten, die sich in der CHO's, wie man auch dieselbe drehn und wegbringen liefsen, diese waren ihm ein den er um jeden Preis zu entfernen suchte. e aber volle neun Jahre, an deren Aus- erühmtes Werk erschien, in welchem er, Gegenstand gefunden hatte, der Mit- und Dieses Werk führt den Titel: Astrono- ç, seu Physica coelestis, tradita commen- lae Martis, ex Observationibus G. V. Ty- ae 1609. fol.

r bald, dafs er vor allen Dingen die Theo- it ins Reine bringen mufste, um für jede ahren Distanzen derselben von der Erde erhalten. Er suchte demnach zuerst die der Sonne A′ von dem Mittelpuncte C des die Erde, in Beziehung auf diesen Mit- g einhergehn sollte. Man sieht, dafs er annten Verbesserungen nicht irre führen seine Vorgänger einen andern Punct A als telpunct der gleichförmigen Winkelbewe- atten, und dafs er in einem richtigen Vor- liche einfache Idee allen andern vorzog. st die Excentricität der Erdbahn so gering,

dafs er durch diese alte Hypothese eines einfa
schen Kreises die gesuchten Distanzen der S
Erde mit der zu seinen Untersuchungen nothwen
keit darstellen konnte. Er fand diese Distanz
A′ von dem Mittelpuncte C der Erdbahn gle
Halbmesser CP = CQ = 100000 gesetzt, ode
ist, er fand das Verhältnifs dieser Excentricität
messer der Erdbahn gleich 0,01702 (also schon
sehr nahe, da sie, den neuesten Bestimmunge
das Jahr 1600 gleich 0,01689, also nur um 0,0
sollte). Seine Rechnungen zeigten ihm bald,
aussetzung die Distanzen der Sonne den Beobac
gab, und so begnügte er sich also für die Th
mit dieser Kreishypothese, und ging nun zur
wahren Theorie der Planeten über.

Natürlich mufste er zuerst voraussetzen, da
pothese, die ihm die Bewegung der Sonne, od
Erde, bereits so befriedigend dargestellt hatte,
die Planeten ebenso gute Resultate liefern werd
es auch, was er zuerst versuchte. Auch hie
ein sehr günstiges Ereignifs, dafs Tycho ihm
haupt gute Beobachtungen des Mars, sondern
gute *Oppositionsbeobachtungen* von diesem P
hatte. Die Beobachtungen der Opposition[1] hab
grofsen Vortheil, dafs sie unmittelbar den helio
des Planeten geben, da man zur Zeit der Oppo
neten, in Beziehung auf seine Länge, an dem
Himmels von der Erde, wie von der Sonne er
man für alle andere Zeiten den von der Erde b
geocentrischen Ort erst durch Rechnung auf
schen Ort, der bei solchen Untersuchungen alle
reduciren mufs, eine Reduction, die für Ke
Elemente der Planetenbahnen erst suchen sollt
steiglichen Schwierigkeiten verbunden gewesen

Allein nicht blofs diese glücklichen Zufä
wir schon öfter gesprochen haben, erleichterten
der seltene Mann zu gehn hatte, um sein hohe
chen, sondern auch seinem eigenen Geiste mufs

1 Vergl. Art. *Aspecten*. Bd. I. S. 401.

heil des Gelingens dieser Unternehmung zu-
, seiner Geschicklichkeit, die Schwierig-
die besiegt werden konnten, und diejeni-
er nicht überwinden konnte, seinem Scharf-
Fragen zu theilen und sie gleichsam par-
bhängig von den andern Theilen aufzulö-
für jede seiner Untersuchungen die ange-
ungen und die sichersten Methoden der Be-
len, und vor allem vielleicht seiner uner-
hkeit, das einmal ins Auge gefafste Ziel
olgen und nicht eher abzulassen, bis das-
eicht war. Auf diese Weise bestätigt auch
ft erprobten Satz der Menschengeschichte,
se, was durch den menschlichen Geist ge-
lücke begünstigt seyn, dafs aber auch der-
hn mufs, dieses Glück, wo es sich ihm
n Zwecke zu benutzen, und so darf auch
le aufserordentlichen, vom Glücke vorzüg-
änner, mit vollem Rechte angewendet wer-
griechische Dichter von einem seiner Zeit-

οὐκ ἀρετῆς, ἀλλ' ἀρετῆς εὐτυχομένης.

Leser, dem es um die nähere Kenntnifs
s zu seinen grofsen Entdeckungen kam, zu
erwähntes Werk selbst lesen müssen, da
ie Basis der ganzen neuern Astronomie ent-
er Weitläufigkeiten, Ausschweifungen und
Versuche ungeachtet, auf jeden seiner
len und heitern Geiste des Verfassers Zeug-

lso zuerst dieselbe Hypothese des excentri-
ihm für die Sonne schon so gute Dienste
ch auf die Planeten anzuwenden. Allein
such zeigte ihm, dafs seine Hoffnung wahr-
ndet sey. Die Rechnungen dieses ersten
n seinem Werke mittheilt, füllen volle zehn
n. Allein dadurch nicht abgeschreckt be-
S. 95 erzählt, noch *siebenzig* solcher Bei-
h zu der vollen Ueberzeugung gelangte, dafs

er auf falschem Wege sey, und dafs er also ein
Bahn einschlagen müsse. Er mufste nämlich ein
chen, die wahren Entfernungen des Mars von de
abhängig von aller vorläufigen Hypothese über
ner Bahn, durch Rechnung zu bestimmen. Zu d
verfuhr er im Allgemeinen ganz so, wie unse
wenn sie die Entfernung eines irdischen Gegenst
sie selbst nicht unmittelbar gelangen können, du
bestimmen wollen.

Fig. 175. Nehmen wir an, man habe den Planeten
demselben Orte des Himmels beobachtet, wo die
der ersten Beobachtung in T und während der
achtung in T′ war und wo die Sonne in dem
des von der Erde beschriebenen Kreises TT′ ru
mittelbaren Beobachtungen gaben die Differenz
schen Länge des Planeten und der Sonne oder
Elongation[1] STM in der ersten und ST′M i
Beobachtung. Aus der bereits bekannten Theo
im excentrischen Kreise, kannte Kepler aber a
renz der beiden Sonnen- oder Erdlängen in den
achtungen oder den Winkel der Commutation
Sonne, so wie die beiden Distanzen ST und S
von der Erde. Demnach kannte er in dem D
zwei Seiten ST und ST′ nebst ihrem eingeschlo
TST′, woraus er dann, durch die bekannten Fo
nen Trigonometrie, auch die dritte Seite TT′
übrigen Winkel a und a′ dieses Dreiecks finden
man dann diese Winkel a und a′ von den beide
STM und ST′M ab, so erhält man die Winke
dafs demnach in dem zweiten Dreiecke TMT′
und die beiden anliegenden Winkel b und b′
woraus dann wieder die Seite TM sowohl,
durch Rechnung bestimmt werden kann. Auf di
daher bereits die zwei Distanzen TM und T′M
von der Erde gefunden worden. Endlich kennt
dritten Dreiecke STM die zwei Seiten ST u
dem von ihnen eingeschlossenen Winkel STM, a
Rechnung die gesuchte Seite SM oder die E

1 Vergl. Art. *Elongation*. Bd. III. S. 788.

ıne. Zur Prüfung des ganzen Verfahrens
in dem vierten Dreiecke ST'M aus den
n ST' und T'M und ihrem eingeschlos-
dieselbe Seite SM finden, deren Werth
gefundenen genau übereinstimmen mufs.

Verfahren wendete KEPLER an, seine Auf-
uch hierin hatte ihm TYCHO glücklicher-
ihern Beobachtungen vorgearbeitet. Zwar
en keine solchen Paare, in welchen der
elben Puncte seiner Bahn beobachtet wor-
and doch mehrere, wo dieses beinahe der
ewegung des Mars war ihm bereits so nahe
Reduction der einen dieser Beobachtungen
ie in Beziehung auf den Ort des Planeten
n waren, leicht mit der hier nöthigen Ge-
konnte. Indem er nun auf diese Weise
er wahren Entfernungen des Mars von der
ene Puncte seiner Bahn verschafft hatte,
einander, um daraus, wo möglich, die
ieser Bahn zu entdecken! Er suchte sie
st seiner frühern, beliebten Hypothese des
anzupassen. Sey BND dieser Kreis und
so wie A der Punct der Sonne in der Fig.
linie BCD. Aus frühern Versuchen hatte 176.
esser CB = CD dieses excentrischen Krei-
d die Excentricität desselben CA = 14140
messer der Erdbahn als Einheit vorausge-
s Verhältnifs der Excentricität zum Halb-

$$\frac{C}{B} = \frac{14140}{152640} = 0{,}0926$$

enug, da nach den neuesten Bestimmungen
Marsbahn gleich 0,0932 ist, die halbe grofse
Einheit angenommen.

ie früher erhaltenen Marsdistanzen von der
entrischen Kreis BMND eintrug, fand er
ltat, dafs seine wahren Distanzen immer
dem excentrischen Kreise, und zwar um
ter Mars von der Apsidenlinie BCD ent-

fernt war. Für die Winkel BAM und BAN die wahren Distanzen gleich Am und An, da centrische Kreis die gröfseren Distanzen AM un obendrein war die Differenz AN — An bedeute AM — Am, so oft der Punct M näher an d BD lag, als der Punct N. Indem nun Kepl durch Rechnung erhaltenen *wahren* Distanzen seinen excentrischen Kreis BMND eingetragen puncte m, n .. dieser Distanzen durch eine kru bunden hatte, fand er, dafs diese krumme Li sondern eine in der Mitte zwischen den b puncten B und D abgeplattete, kurz eine *ov* müsse. *Plane itaque hoc est,* setzt er S. 213 *planetae non est circulus, sed ingrediens ad paulatim, iterumque ad circuli amplitudine exiens, cujusmodi figuram itineris ovalem app*

Aber hier einmal auf seiner eigenen Bah sollte man glauben, müfste ein Mann seiner von selbst auf die Vermuthung gerathen, d wohl die einfachste von allen Ovalen, die er k die *Ellipse* seyn müsse. Allein war es, daf nungen oder seine auf diese Rechnungen gegr nungen nicht ganz fehlerfrei waren, oder spielt auch sonst nur zu oft geschah, seine zu leb wieder einen bösen Streich — genug er verfiel nic die Ellipse, sondern auf eine andere mehr zu Ovale, die ihm mit seinen Zeichnungen besser men schien. Und so gewifs glaubte er nun d Bahn der Planeten in dieser Ovale gefunden zu seine vermeinte grofse Entdeckung ohne weitere es scheint, mit einer Art von Triumph dem da Mathematiker David Fabricius mittheilte. Al den Gegenstand mit mehr Ruhe betrachtete, f diese Curve den Beobachtungen keineswegs ents her als ganz unangemessen verworfen werden mü diese Bemerkung Kepler mit, und dieser nah tener besserer Einsicht, keinen Anstand, sei gestehn und die Geschichte desselben mit de türlichen, heiteren Offenheit selbst seinen Lese *Dum in hunc modum*, sagt er am Ende seiner

umpho, eique ut plane devicto tabularum
num compedes necto, diversis nuntiatur
oriam et bellum tota mole recrudescere.
it, quin hostis fugitivus sese cum rebel-
et, meque in desperationem adigeret: nisi
um physicarum subsidia, fusis et pa-
submisissem, et qua sese captivus prori-
gentia edoctus vestigiis ipsis nulla mora
sem. Itaque causae physicae in fumos

so von diesem ersten Abwege wieder zu-
suchte er eine neue, bessere Bahn einzu-
endlich, dafs die *Ellipse* allen Forderun-
eobachtungen TYCHO's und seine Berech-
ihn stellten, am besten entspreche. Schon
bestätigten diese Vermuthung auf das Voll-
konnte nun mit voller Beruhigung seine
ls ein *Gesetz der Natur* aufstellen, dafs
, so wie auch die Erde selbst, in ellipti-
n einen Brennpunct die Sonne einnimmt,

ewegen sich also in Ellipsen um die
welche Weise? Welches ist die Ge-
Planeten in ihren elliptischen Bahnen?
Geschwindigkeit, die offenbar keine be-
im Kreise, sondern eine für jeden Au-
e ist, einmal kennt, wie soll man dann
n in seiner Bahn für jede gegebene Zeit
timmen? — Diese Fragen waren noch
, und sie gehören, wie man sieht, nicht
esonders wenn man den unvollkommenen
tik zu KEPLER's Zeiten in Betracht zieht.
Mann hielt sich durch seine erste Ent-
ufgefordert, sein Werk zu vollenden, in-
ner Entdeckung unmittelbar folgenden Pro-
inen Lorbeeren ruhend den Nachfolgern
ondern selbst sie aufzulösen sich bemühte.
ete Arbeit kostete ihm aber wieder zehn
hnehin mit Mühe und Sorgen überhäuften
te seiner Untersuchungen theilte er, nebst

noch einer andern glänzenden Entdeckung, in s
ten Werke: *Harmonices mundi libri quinque.*
Nachwelt mit.

Nach manchen vergeblichen Versuchen, der
nes Problems näher zu kommen, bei welchen v
Kürze wegen hier nicht weiter aufhalten wolle
dafs bei den excentrischen Kreisen der Alten
der Planeten in den Perihelien am schnellsten,
lien aber, am langsamsten erscheine, und dafs
diesen beiden Puncten auf der einen Seite d
ebenso regelmäfsig abnehme, als sie auf der an
der wachse. Er zweifelte nicht, dafs dasselb
der Ellipse der Fall seyn würde. Allein welc
setz, nach welchem sich diese Bewegung in d
tet? Welches auch die Antwort auf diese Fra
so war doch so viel klar, dafs es auch in de
etwas geben müsse, was sich mit der Zeit glei
weil sonst alle Berechnung dieser Bewegung
würde. Vielleicht beschreibt der Planet für al
Bahn in gleichen Zeiten gleiche Bogen; vielleic
Entfernung von der Sonne gleichförmig mit der
der andern Hälfte der Bahn wieder ebenso
u. s. w. Diese und mehrere ähnliche Fragen
ohne Zweifel lange auf, ohne ihn aber auf irg
digendes Resultat zu leiten. Zufällig vielleicht
einmal auf den Einfall, zuzusehn, ob nicht die
che der elliptische Radius Vector während der
Planeten um die Sonne beschreibt, ihm einen
so lange gesuchten Anhaltpunct geben könnten.
ses näher untersuchen wollte, bemerkte er, wie
seiner *Harmonice Mundi* erzählt, dafs bei de
Kreise der Alten diese Flächen, wenigstens in
gegengesetzten Puncten der Apsiden, in der T
verwendeten Zeiten vollkommen proportional
Fig. 177. lich C der Mittelpunct der Sonne, RCQ di
und nimmt man in dieser Linie CA = CB,
Sonne und A derjenige Punct ist, um welchen
wegung des Planeten in dem Kreise MNOP gl
soll, so ziehe man durch den Punct A die zwei
und NAP. Da die Scheitelwinkel MAN un

, nach der erwähnten Hypothese der Alten,
N und OP von den Planeten in gleicher
den, und es ist daher nur noch zu zeigen,
en NBM und OBP einander gleich seyn
aber durch den Punct B die Linien BO,
, BN, so hat man, da die Winkel MAN
nd und da sich in zwei Kreisen die zu
hörenden Bogen wie ihre Halbmesser ver-

MN:OP = AR:AQ,

N.AQ = OP.AR.
ruction der Zeichnung ist
=BR und AR=BQ,

MN.BR = OP.BQ
Winkeln im Kreise die Flächen der Secto-
ducte ihrer Bogen in die Halbmesser die-
, so sind auch die Flächen der beiden
OPB einander gleich.

Lehrsatz, den KEPLER gefunden hatte, er-
falls gleich in einem so hohen Grade, dafs
e Beweise dafür zu suchen, sofort nicht
des excentrischen Kreises, sondern auch
uf die Ellipse anwandte, sehr wenig, wie
rlegen, ob der Satz in dieser Ausdehnung
werden könne, und schon vollkommen
seine auf diesen Satz gegründeten Berech-
den Beobachtungen übereinstimmten, was
die Hauptsache war, während er die
strationen seiner nicht nur gemachten, son-
chem Wege vollkommen bewährten Ent-
ndern überlassen konnte.

er sich desto mehr, eine angemessene Me-
ch welche man, unter dieser Voraussetzung
leichförmig fortgehenden Wachsthums der
he, den Ort des Planeten in seiner Bahn
Augenblick bestimmen kann, da es die
blems war, welche er bei seinen fernern
üglich bedurfte. Sey AMP eine Ellipse, Fig. 178.

C ihr Mittelpunct und F, F′ die beiden Brenn
einem F die Sonne ist, so dafs also der der Sonn
der Ellipse das Perihelium und der entfernte
lium des Planeten M bezeichnet, der sich
dieser Ellipse und zwar so bewegt, dafs di
die der Radius Vector F M des Planeten bes
Zeit gleichförmig wächst. Sey $\frac{1}{2}$f die Fläch
$\frac{1}{2}$F die Fläche der ganzen Ellipse; es bezeic
laufszeit des Planeten um die Sonne, in Tage
wie endlich t die Anzahl der Tage, die seit
des Planeten durch sein Perihelium P verfloss
vorausgesetzt hat man nach dem erwähnten
schen Gesetze

$$\frac{\frac{1}{2}f}{\frac{1}{2}F} = \frac{t}{T} \quad \text{oder} \quad \frac{f}{F} = \frac{t}{T}.$$

Bezeichnen nun a und b die halbe grofse und
Ellipse, so ist bekanntlich die Fläche derselb
wo $\pi = 3{,}14159\ldots$, und daher

$$\frac{1}{2}f = ab\pi . \frac{t}{T}.$$

Da man nun die Gröfsen a, b, T und t kennt
voraussetzt, so erhält man durch die letzte G
gegebene Zeit t nach dem Durchgange des Pla
Perihelium die dieser Zeit entsprechende Fläc
des elliptischen Sectors, und es handelt sich
dieser Fläche sowohl den Winkel P F M $= v$
dius Vector F M $=$ r des Planeten M für diese
Rechnung zu bestimmen. Ist nämlich F γ
Nachtgleichen, und ist die Länge γ F P $=$
bekannt, wie hier vorausgesetzt wird, so wir
Planeten in seiner Bahn $\lambda = \gamma$ F P + P F M od

$$\lambda = \Pi + v$$

seyn, so dafs demnach der Ort des Planeten
auf die Sonne F durch diese beiden Gröfsen
vollständig bestimmt seyn wird. Man pflegt
$\frac{f}{ab}$ die *mittlere Anomalie* des Planeten zu
durch m zu bezeichnen, während der Winkel
wahre Anomalie des Planeten heifst.

t man diese beiden Gröfsen v und r aus

f oder $\frac{f}{a\,b} = m$? Die Antwort auf diese

PLER wieder längere Zeit, da ihm die-
igen Arbeiten unentbehrlich war. Er be-
se Aufgabe nicht zu den leichten gehöre,
uflösung derselben unmöglich sey, selbst
Bahn des Planeten nicht elliptisch, son-
angenommen werde. Er drückt sich dar-
er von seiner blofs *indirecten* Auflö-
icht: *Haec enim est mea sententia: quae*
debitur geometricae pulchritudinis, hoc
uetras, ut mihi solvant hoc problema:
micirculi, datoque puncto diametri, in-
ulum ad illud punctum,“ cujus anguli
data area comprehenditur; vel etiam:
x quocunque puncto diametri in data
i sufficit, credere, problema hoc solvi a
ter arcus et sinus ἑτερογενείαν. Er hatte
die Auflösung des Problems seiner Natur
ndente Gleichung führt, in welcher die
als Bogen und zugleich als trigonome-
als Sin. u vorkommt, und da Gleichun-
t anders als indirect oder durch Reihen
nen. Er kommt später wieder auf die
Problems zurück, und setzt am Ende
problema directa via solutum exhibue-
nus Apollo-nius, dabei auf den durch
ihmten APOLLONIUS anspielend, der nahe
Geb. in Alexandrien lebte und uns ein
die Kegelschnitte hinterlassen hat.

y senkrecht auf die grofse Axe AP, und
bekannte Gleichung der Ellipse

$$= \frac{b}{a}\sqrt{2ax - x^2}$$

n für das Differential der Fläche des ellip-

di. p. 300.

$$\partial . PMQ = y\partial x = \frac{b}{a}\partial x . \sqrt{2ax -$$

wovon das Integral ist

$$PMQ = \frac{ab}{2} \text{ Arc. Sin. } \frac{\sqrt{2ax - x^2}}{a} - \frac{b(a -}{2a}$$

was sich auch kürzer so ausdrücken läfst:

$$PMQ = \frac{ab}{2} \text{ Arc. Sin. } \frac{y}{b} - \tfrac{1}{2}(a -$$

Es ist aber auch die Fläche des ebenen Dreiec

$$QMF = \tfrac{1}{2}(a - a\varepsilon - x)y = \tfrac{1}{2}(a - x)y$$

wo $a\varepsilon = \sqrt{a^2 - b^2}$ die Excentricität CF = bezeichnet. Addirt man diese beiden Flächen Segments und des Dreiecks, so erhält man fü elliptischen Sectors

$$PMF = \tfrac{1}{2}ab \text{ Arc. Sin. } \frac{y}{b} - \tfrac{1}{2}a\varepsilon$$

Es ist aber auch die bekannte Gleichung de schen dem Radius Vector FM = r und der w PFM = ν

$$r = \frac{a(1 - \varepsilon^2)}{1 + \varepsilon \text{Cos. } \nu},$$

also auch

$$y = r\text{Sin. } \nu = \frac{a(1 - \varepsilon^2)\text{Sin. } \nu}{1 + \varepsilon \text{Cos. } \nu}$$

und daher der vorhergehende Ausdruck de $b = a\sqrt{1 - \varepsilon^2}$ ist,

$$PMF = \tfrac{1}{2}ab\left\{\text{Arc. Sin.}\left[\frac{(1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}}\text{Sin. } \nu}{1 + \varepsilon \text{Cos. } \nu}\right] - \varepsilon .(\right.$$

Setzt man in diesem Ausdrucke $\nu = 180° = \pi$, s und Arc. Sin. $0 = \pi$, also auch die Fläche der $\tfrac{1}{2}ab\pi$ und die der ganzen $\tfrac{1}{2}F = ab\pi$, wie obe wie zuvor, die Fläche des Sectors PMF = $\tfrac{1}{2}$f wegen die Gröfse

$$\frac{(1 - \varepsilon^2)^{\frac{1}{2}} . \text{Sin. } \nu}{1 + \varepsilon \text{Cos. } \nu} = \text{Sin. u}$$

die vorhergehende Gleichung in folgende über,
r $PMF = \frac{1}{2}f$ setzt:

$= u - \varepsilon \text{Sin. } u \quad \ldots \quad (I)$

nach dem Vorhergehenden hat

$\frac{f}{F} = \frac{f}{F} = \frac{t}{T}$ und $\frac{1}{2}F = ab\pi$,

$$\frac{f}{ab} = \frac{2\pi . t}{T},$$

eichung (I)

$\frac{\pi . t}{T} = u - \varepsilon \text{Sin. } u \ldots \quad (I')$

die Hülfsgröfse $\mu = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{T}$ oder $\frac{2\pi}{T} = \frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}}$, so

n man diesen Werth von $\frac{2\pi}{T}$ in der Gleichung

$\frac{t}{a^{\frac{3}{2}}} = u - \varepsilon \text{Sin. } u \ldots \quad (I'')$

en Gleichungen I, I', I'' .. bezeichet der Aus-

$$\frac{f}{ab} = \frac{2\pi . t}{T} = \frac{\mu . t}{a^{\frac{3}{2}}}$$

malie, die wir oben durch m bezeichnet ha-
e eingeführte Hülfsgröfse u die *excentrische*
nt zu werden pflegt. Wenn man über der
P aus dem Mittelpuncte C derselben mit dem
$= CP = a$ einen Kreis AmP beschreibt, und
PM verlängert, bis sie die Peripherie dieses
Puncte m schneidet, so ist, wie man leicht
gröfse u gleich dem Winkel PCm.

wir bemerken, dafs man aus der obigen

$$\frac{f}{t} = \frac{2ab\pi}{T},$$

da der halbe Parameter p der Ellipse =

$b = \sqrt{ap}$ ist, erhält:

$$\frac{f}{t} = \frac{2a^{\frac{3}{2}}\pi \cdot \sqrt{p}}{T}$$

oder

$$\frac{f}{t} = \mu \cdot \sqrt{p}$$

welche letzte Gleichung zeigt, dafs das const der Sectorfläche zu der auf ihn verwendeten einzelnen Planetenbahn der Quadratwurzel aus dieser Bahn proportional ist.

Verbindet man endlich die Gleichung der

$$r = \frac{a(1-\varepsilon^2)}{1+\varepsilon \operatorname{Cos.} v}$$

mit der oben angenommenen Hülfsgleichung

$$\operatorname{Sin.} u = \frac{(1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}} \operatorname{Sin.} v}{1+\varepsilon \operatorname{Cos.} v},$$

so leitet man daraus auch ohne Mühe noch die drücke ab:

$$\operatorname{Cos.} v = \frac{\operatorname{Cos.} u - \varepsilon}{1-\varepsilon \operatorname{Cos.} u}; \quad \operatorname{Tang.} \tfrac{1}{2} v = \operatorname{Tang.} \tfrac{1}{2} u \sqrt{}$$

$$\frac{\operatorname{Sin.} v}{\operatorname{Sin.} u} = \frac{a}{r}\sqrt{1-\varepsilon^2}; \quad r = a(1-\varepsilon \operatorname{Cos.} u)$$

Durch die vorhergehenden Gleichungen ist aber *Problem*, wie dasselbe nach seinem Urheber vollständig aufgelöst. Ist nämlich von einer netenbahn die halbe grofse Axe a und die Exce ser Bahn, so wie die Umlaufszeit T des Pla

Bahn, also auch die Gröfse $\mu = \frac{2\pi \cdot a^{\frac{3}{2}}}{T}$ gegebe

man die Zeit t, die seit dem Durchgange des sein Perihelium verflossen ist, so erhält man dieser Zeit die excentrische Anomalie u durch chungen (I) oder durch

$$m = u - \varepsilon \operatorname{Sin.} u,$$

und dann erhält man die wahre Anomalie v u

r Gleichungen (II) und (III), z. B. durch

$$\cdot\tfrac{1}{2}v = \text{Tang.}\tfrac{1}{2}u.\sqrt{\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}}$$

$$= a\,(1 - \varepsilon\,\text{Cos.}u).$$

für alle Planetenbahnen constanten Gröfse[1]

$$\mu = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T}$$

e Erde, wenn man die halbe grofse Axe a
er Einheit und die siderische Umlaufszeit
nimmt,

$$= \frac{2\pi}{T} = 0{,}0172021.$$

ende war nun die Bewegung eines jeden
hn vollkommen bestimmt, und das Mittel
Ort desselben für jede Zeit in dieser Bahn
wenn man von einer dieser Bahnen zu
n wollte, so fehlte dazu der Weg. Jede
gleichsam isolirt für sich am Himmel, und
nd auffinden, welches sie alle zu einem
anzen verbindet. KEPLER ahnete dieses
volle siebenzehn Jahre, wie er selbst ge-
demselben. Vor allem war es ihm darum
le Planeten sich erstreckendes Gesetz auf-
en ihren Entfernungen von der Sonne und
ufszeiten um diesen Centralkörper, wie er
Divination voraussah, statt haben sollte.
en astronomischen Werke, dem *Mysterium*
96), das übrigens noch voll jugendlicher
antasiespiele ist, hatte er nach einem sol-
t, und dazu vorzüglich die sogenannten
nisse benutzen wollen, die schon die alten
verschiedenen Entfernungen der Planeten
nden haben wollten. Da er aber diesen
nügend erkannte, so versuchte er später,
eispiele der Alten, die verschiedenen Längen

[1] *...laufszeiten.* Bd. IX. S. 1228.

der Saiten, welche in der Musik die Terze, u. s. w. geben, jenen Entfernungen der Plan eine Meinung, die er noch in seinem spätern W *mundi* (1619) umständlicher untersuchte, abe ungegründet fand. In demselben Werke gerieth Idee, die fünf Distanzen der sechs damals bek unter einander mit den fünf sogenannten Plato (dem Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekae der) in Verbindung zu bringen, was ihm abe als alle seine frühern Experimente, gelingen w gerieth er, wie er selbst erzählt, am 8ten Mä einfachen Gedanken, die verschiedenen Zahlen, laufszeiten der Planeten und die grofsen Axe ausdrücken, in Beziehung auf ihre Potenzen Er verglich daher auf Gerathewohl die Quadra Biquadrate dieser Zahlen, und unter andern auch drate der Umlaufszeiten mit den Würfeln de Aber auch hier konnte er nichts Befriedigendes er endlich auch diese Speculation mit allen als nicht zum Zwecke führend, verwarf. Eini diesem letzten Versuche, als er zufällig wied von jenem Tage zur Hand nahm, glaubte er erinnern, dafs er damals, von seiner hastigen ben, sehr schnell gerechnet und sich, wie Manne auch sonst oft genug widerfuhr, auch haben könnte. Er nahm daher am 15ten Ma res diese Rechnungen noch einmal vor, verfu tiger, und fand bald, dafs sein letzter Verd früheren Arbeiten nur zu gegründet gewesen w ersten Vergleichungen zeigten ihm, *dafs di Umlaufszeiten* bei allen Planeten *sich wie di mittleren Entfernungen von der Sonne verha* cher Freude diese Entdeckung des *dritten K setzes* begleitet war, mufs man in seinem We *mundi* p. 189) selbst nachlesen.

Durch diese drei Gesetze, zu deren Auff ausgezeichnetsten Geister sein ganzes mühvol schweres Leben verwendet hatte, lassen sich lichen Bewegungen unseres Sonnensystems, der reinen Ellipse angehören, vollständig erkl

ngestellten Beobachtungen haben die Wahr-
einem solchen Maſse bestätigt, wie wohl
ogenannten menschlichen Wahrheiten be-
Jahrtausende sind über dem Menschenge-
n, während welcher diese Gesetze, mit
hnen jener leuchtenden Kugeln am Him-
allen unlesbar geblieben sind, bis es end-
begabten, glücklichen Mann gelang, diese
nd dadurch seinen eigenen Namen mit
n Charakteren in den gestirnten Himmel
rd man diesen Namen noch in spätester
t lesen, und die dankbare Nachwelt wird,
für Wissenschaft bewahrt, auch das An-
seltensten und gröſsten Menschen bewah-
, den Verhältnissen, der Protection der
ern alles nur sich selbst, seinem Genie
hen Ausdauer verdankte, dessen Anden-
dessen Gesetzbuch noch bestehn wird,
ISIAN's und der NAPOLEON's längst schon
ner ganz unwürdige Denkmal von Back-
n Staub zerfallen seyn wird, durch wel-
von DALBERG der Schmach des Landes,
tbürger im Leben verhungern lassen und
gessen konnte, wieder aufzuhelfen geruhn

che Darstellung des Welt-systems.

ses Gegenstandes geben wir nun die ta-
tellung der *Elemente unseres Planeten-*
den neuesten Beobachtungen und Berech-
orgegangen ist. Wir suchten dabei vor-
rstellung zu benutzen, die BAILY in sei-
Tables" und nach ihm noch sorgfältiger
uche für das Jahr 1837 gegeben hat. Da
is aller unserer Planetenberechnungen sind,
vertrauen, den Lesern interessant seyn,
ndige, sondern auch zugleich eine mög-
ung aller dieser Elemente mit den daraus

entspringenden nächsten Folgerungen hier v
aufgestellt zu sehn.

Tafel I. Mittlere Entfernungen vo
Theilen der halben grofsen Axe

Mercur	0,3870938
Venus	0,7233317
Erde	1,0000000
Mars	1,5236910
Vesta	2,36148
Juno	2,66946
Ceres	2,77091
Pallas	2,77263
Jupiter	5,202767
Saturn	9,538850
Uranus	19,182390

Der sogenannte *Halbmesser* oder eigentlich
Axe der Erdbahn (oder die mittlere Entfern
der Sonne), die hier als Einheit angenomme
20665840 geographische Meilen, diese Me
Par. Toisen oder zu 22815,715 Par. Fufs g
man daher die Zahlen der Tafel I. durch 20
cirt, so erhält man die mittlern Entfernungen
der Sonne in geographischen Meilen. Wen
dieser Tafel durch $\frac{1}{2 \text{Sin.} 8'',578} = 12022$ m
hält man diese mittleren Entfernungen der
durchmessern ausgedrückt, multiplicirt man si
oder durch 107,7, so erhält man jene Entfern
durchmessern ausgedrückt.

fszeiten der Planeten um die Sonne,
en Sonnentagen ausgedrückt.

derische	Tropische	Synodische
96928Tage	87,96846Tage	115,88 Tage
70078	224,69543	583,92
25637	365,24222	— —
97964	686,92971	779,98
485	1325,298	504,21
067	1592,797	473,92
735	1684,434	466,38
305	1686,003	466,26
58480	4330,59317	398,90
21981	10746,93761	378,10
82055	30586,90839	369,67

ution ist die Umlaufszeit in Beziehung auf
uf einen festen Punct des Himmels. In
en Revolution legt daher der Planet volle
Sonne zurück. Die tropische Revolution
in Beziehung auf die Nachtgleichenpuncte,
ndlich in Beziehung auf die Sonne. Da
unseren Zeiten jährlich um 50″,224 rück-
zurückweichen, und da die Sonne in ih-
en Bewegung täglich

$= 0°,985644 = 0° 59' 8'',318$

vorrückt, so ist die Wiederkunft zu den
e tropische Revolution bei allen Planeten,
ei den sieben letzten kleiner, als die si-

Tafel VI. Verhältnisse der Excentri
Planetenbahnen zu ihren halben grof

	Excentricität für 1800	Säculäre Aen derung
Mercur	0,205616	+ 0,000003
Venus	0,006862	— 0,000108
Erde	0,016792	— 0,000043
Mars	0,093217	+ 0,000090
Vesta	0,08856	— —
Juno	0,25556	— —
Ceres	0,07674	— —
Pallas	0,24200	— —
Jupiter	0,048162	+ 0,00015
Saturn	0,056150	— 0,00031
Uranus	0,046611	— 0,00002

Die Zeichen + deuten eine Vermehrung, die — nahme der Excentricität an. So wird die E Erdbahn im J. 1900 gleich 0,016749 seyn, wi 1700 gleich 0,016835 war. Bei den vier neuen Veränderung der Excentricität noch nicht genau Zahlen dieser Tafel setzen die halbe grofse A Planetenbahn als Einheit voraus, oder sie gebe nifs der Excentricität (d. h. der Distanz des M Ellipse von jedem ihrer Brennpuncte) zu der Axe der einzelnen Bahnen. Multiplicirt man de len dieser Tafel durch die Zahlen der Tafel I, zum Producte diese Distanz des Mittelpuncts der Brennpuncte, in Theilen der halben grofsen A ausgedrückt, und daher auch in geogr. Meilen, letzte Product wieder durch 20665840 multiplic

ste Mittelpunctsgleichungen der Planeten.

ur	23°	40′	43″,0
s	0	47	10,8
	1	55	27,6
	10	41	33,3
	10	9	26,7
	29	30	42,4
	8	47	58,2
	27	55	22,2
r	5	31	13,6
n	6	26	12,1
s	5	20	32,8

chungen sind die gröfsten Abweichungen, Planet vor seinem mittlern Orte voraus oder n kann, oder sie sind die gröfstmögli- schen den wahren und mittlern Längen en unmittelbar aus den Zahlen der Taf. VI. das Verhältnifs der Excentricität zur hal- sie die Taf. VI giebt, so ist die gröfste elpuncts

$$e^3 + \frac{599}{5120} e^5 + \frac{17219}{229376} e^7 + \ldots$$

ge des Periheliums der Plane- tenbahnen.

rihelien		Säculäre Aenderung	
		siderisch	tropisch
20′	5″,8	581″	5603″
43	6,0	— 324	4698
30	28,6	1125	6147
22	51,2	1546	6568
11	37,0	—	—
17	12,3	—	—
41	23,5	—	—
5	0,3	—	—
7	38,0	665	5687
8	20,0	1931	6953
30	24,0	228	5250

Das Zeichen — bei der Venus zeigt an, daß
Venusbahn siderisch rückwärts oder von Ost

Tafel IX. Länge des aufsteigende
Bahnen in der Ekliptik

| | | | | säculäre
siderische |
|---|---|---|---|---|
| Mercur | 45° | 57′ | 9″ | —1007″ |
| Venus | 74 | 51 | 41 | —2050 |
| Erde | — | — | — | — |
| Mars | 47 | 59 | 38 | —2522 |
| Vesta | 103 | 20 | 28 | — |
| Juno | 170 | 52 | 34 | — |
| Ceres | 80 | 53 | 50 | — |
| Pallas | 172 | 38 | 30 | — |
| Jupiter | 98 | 25 | 45 | —1590 |
| Saturn | 111 | 56 | 7 | —1954 |
| Uranus | 72 | 59 | 21 | —3605 |

Das Zeichen — bedeutet eine rückgängige o
wegung der Knoten.

Tafel X. Neigungen der Bahnen
Ekliptik.

| | | | | säcu
Aende |
|---|---|---|---|---|
| Mercur | 7° | 0′ | 5″,9 | + 1 |
| Venus | 3 | 23 | 28,5 | + |
| Erde | — | — | — | — |
| Mars | 1 | 51 | 6,2 | — |
| Vesta | 7 | 7 | 37,3 | — |
| Juno | 13 | 2 | 10,0 | — |
| Ceres | 10 | 36 | 55,7 | — |
| Pallas | 34 | 35 | 49,1 | — |
| Jupiter | 1 | 18 | 51,6 | — 2 |
| Saturn | 2 | 29 | 35,9 | — 1 |
| Uranus | 0 | 46 | 28,0 | — |

Das Zeichen — bedeutet eine Abnahme oder
Neigung.

cension des aufsteigenden Kno-
n und Neigung derselben gegen

scension des Knotens		Neigung gegen den Aequator		
29′	40″	28°	45′	8″
58	56	24	33	21
—	—	23	27	55
17	20	24	44	24
8	12	22	50	16
1	17	10	47	0
30	40	27	7	40
55	54	11	40	17
17	12	23	18	28
0	59	22	38	44
51	12	23	41	24

bare Durchmesser der Planeten
der Erde gesehn.

mittlerer	gröfster	kleinster
6″,7	12″,0	4″,4
17,0	62,0	9,5
—	—	—
5,8	23,0	3,3
0,3?		
2,0?		
1,6?		
2,6?		
38,4	46,0	30,0
17,1	20,0	15,5
3,9	4,0	3,8
1921,8	1954,6	1890,1
1867,0	2011,0	1762,0

hergehenden die mittlere, gröfste oder
nt, in welchen die Planeten von der Erde
en sich aus den Zahlen dieser Tafel die
lieser Planeten so finden, wie sie die

Tafel XIII. Verhältnisse des wahren Du
sers, der Oberfläche und des Volu
Planeten zu denen der Erde.

	Wahrer Durchmesser	Oberfläche	Volumen
Mercur	0,391	0,15	0,06
Venus	0,985	0,97	0,96
Erde	1,000	1,00	1,00
Mars	0,519	0,27	0,14
Vesta	0,03	0,001	0,00005
Juno	0,18	0,03	0,005
Ceres	0,20	0,04	0,008
Pallas	0,26	0,07	0,017
Jupiter	11,225	126,0	1414
Saturn	9,022	81,4	735
Uranus	4,344	18,9	82
Sonne	112,06	12560	1407500
Mond	0,264	0,0697	0,018

Die zwei letzten Columnen dieser Tafel folgen unm
der ersten, da die Oberflächen der Kugeln sich wi
drate und die Volumina wie die Würfel der Durch
ser Kugeln verhalten.

Tafel XIV. Masse, Dichtigkeit, Schwe
der Oberfläche, Licht und Wärme,
tation der Planeten.

	Masse, die der Sonne = 1	Dichtigkeit, die der Erde = 1	Schwer-kraft, die der Erde = 1	Licht u Wärm
Mercur	$\frac{1}{20258\,10}$	2,94	1,15	6,67
Venus	$\frac{1}{401847}$	0,92	0,91	1,91
Erde	$\frac{1}{354936}$	1,00	1,00	1,00
Mars	$\frac{1}{2680337}$	0,96	0,50	0,43
Jupiter	$\frac{1}{1054}$	0,24	2,69	0,037
Saturn	$\frac{1}{3500}$	0,14	1,26	0,011
Uranus	$\frac{1}{17918}$	0,24	1,05	0,003
Sonne	1	0,25	28,01	—
Mond	$\frac{1}{3173853\,0}$	0,62	0,16	1,00

R die mittlere Entfernung von der Sonne,
r wahre Durchmesser, d die Dichtigkeit
elchen frei fallende Körper auf der Ober-
in der ersten Secunde zurücklegen, und
en andern Planeten dieselben Gröfsen durch
', so hat man

$$\frac{m'r^3}{mr'^3} \text{ und } \frac{g}{g'} = \frac{m'r^2}{mr'^2} = \frac{d'r'}{dr}$$

Lichts und der Wärme ist

$$\frac{W}{W'} = \frac{R^2}{R'^2}.$$

15,098 Par. Fufs = 4,9045 Meter, und
den Tafeln R = d = 2r = 1.

---

henden Tafeln lassen sich nun auch die
ellungen leicht ableiten. Da man aber
n eigentlich astronomischen Rechnungen
sie mehr eine allgemeine Uebersicht un-
geben sollen, so wurden sie in blofsen
hlen aufgeführt, um so mehr, da bei den
dieses Systems die letzten Ziffern dieser
stimmt verbürgt werden können. Zum
es Folgenden wollen wir aber einige vor-
vorausschicken.

nessern der Erdbahn gegebenen Gröfsen
kleineren Mafsen, z. B. in Halbmessern
der Toisen u. s. w. auszudrücken, mufs
tnisse dieser verschiedenen Mafse unter

e zwei neuesten, mit vorzüglicher Sorg-
nbogen, in Frankreich durch Delambre
h Svanberg, so findet man unter der
die Erde ein Rotationssphäroid (oder ein
r Ellipse um ihre kleine Axe entstande-
ie halbe grofse Axe dieses Sphäroids

abweichende Bestimmungen findet man Art.
ergl. Art. *Mafs*. Bd. VI. S. 1261.

$a = 3271691$ Toisen und für die
$b = 3260964 \ldots$,

wo die Toise die sogenannte *Toise de Perou*
Theil den k. Par. Fuſs bildet, und wo man

Meter = 3,078444 Par.
englischer Fuſs = 0,9382944 —
rheinl. Fuſs = 0,9661806 —
Wien, Fuſs = 0,9731250 —

Aus jenen Werthen von a und b folgt d
Erde

$$\alpha = \frac{a-b}{b} = \frac{1}{304}$$

und die Excentricität derselben

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = 0{,}081.$$

Für diese Ellipse, deren halbe groſse und kl
sind, hat man

$$\text{Peripherie der Ellipse} = \frac{2b^2\pi}{a}\left[1+\tfrac{3}{4}\varepsilon^2\right.$$

$$\text{Fläche der Ellipse} = ab\pi,$$

wenn man die sechsten und höheren Potenzen
Gröſse vernachlässigt und $\pi = 3{,}1415926\ldots$ set
roid aber, das durch die Umdrehung diese
kleine Axe 2b entstanden ist, ist

die Oberfläche des Sphäroids $= 4b^2\pi[1+$
und das Volumen desselben $= \frac{4}{3}a^2b\pi$.

Setzt man in diesem Ausdrucke $a = b$, so er
Kreis des Halbmessers a

$$\text{Peripherie} = 2a\pi,$$
$$\text{Fläche} = a^2\pi$$

und für die Kugel

$$\text{Oberfläche} = 4a^2\pi,$$
$$\text{Volumen} = \tfrac{4}{3}a^3\pi, \text{ wie}$$

Aus den oben angegebenen Werthen von a un
sphäroid, verbunden mit den letzten analyt
ken, folgt, daſs der Halbmesser eines Kreis
elliptischen Meridian einerlei Umfang hat,
und daſs der Halbmesser R einer Kugel, die

lessen Halbaxen a und b sind, einer-

perlichen Inhalt hat, $\sqrt[3]{a^2 b} = 3268111$

die Erde als eine Kugel an, deren Halb-

etzten Zahl oder gleich 3268111 Toi-

nge der Peripherie eines gröfsten Kreises

= 20534143 Toisen,

)ster Theil oder die sogenannte geogra-

15 auf einen jeden Grad dieses Kreises

2,6191 Tois. = 22815,7146 Par. Fufs

albmesser jener Kugel gleich

= 859,4366 geogr. Meilen,

Oberfläche dieser Kugel

15710 Millionen Quadrattoisen

81916 Quadratmeilen,

nen dieser Erdkugel

540 Billionen Kubiktoisen

3060 Kubikmeilen beträgt.

enden die Gröfsen und die Entfernun-

Körper mit den Dimensionen unserer Erde

wird es zweckmäfsig seyn, sich von

vorerst einige näher bestimmte Begriffe

wicht der ganzen Erdmasse wenigstens

zen, so wiegt bekanntlich ein Par. Ku-

sser 61,316 Wiener Pfunde, also auch

Meile, wie oben, zu 22815,7146 Par.

Millionen Wiener Centner. Eine Was-

Volumen mit der Erde würde demnach

) Billionen Wiener Centner

Maskelyne's und Cavendish's Mes-

r Erde zu der des Wassers sich wie 9

die ganze Erde

00 Billionen Wien. Centner.

ein Sandkorn eine Pariser Linie lang,

breit und hoch sey, so würde, wenn der Zol
Fuſs 10 Zoll, also auch die Toise 600 Linie
biktoise 216 Millionen, eine Kubikmeile 11
und die ganze Erde

31581 Quadrillionen

solcher Sandkörner enthalten. Um sich aber
nur wieder einigermaſsen zu versinnlichen, w
men, daſs man in jeder Zeitsecunde zehn so
der groſsen Erdmasse abzählen könnte. Dan
einem Jahre von 365¼ Tagen 31557600000 K
die ganze Anzahl von 31581 Quadrillionen
1000757 Billionen Jahren abzählen können, od
den 6000 Jahren, die nach der gewöhnliche
sere Erde bestehn soll, noch nicht den 20
aller jener Sandkörner gezählt haben. Und d
nur einer der kleineren der uns bekannten Hi
man z. B. aus dem Körper Saturns 735, aus
1414 und aus dem der Sonne sogar 140710
die an Gröſse unserer Erde gleich sind, mach
selbst die Durchmesser dieser gewaltigen K
nur als sehr klein zu achten, wenn man sie
Distanzen vergleicht, welche diese Körper un
stems von einander trennen. So beträgt de
Sonne, wie wir in der vorhergehenden Tafel
ben, 112 Erdhalbmesser, während die Entfe
puncts der Sonne von dem der Erde 220,
und von Uranus 4340 Sonnenhalbmesser, al
stanz 486080 Erdhalbmesser oder über 400
beträgt. Und selbst diese Distanzen, so u
auch erscheinen mögen, was sind sie gegen
jener anderen Himmelskörper, die in zahllo
wahrhaft unendlicher Menge jenseit der Gren
nengebietes den endlosen Weltenraum erfüll
dieser *Fixsterne* ist wenigstens 200000mal w
von der Sonne entfernt, oder die Distanz
beträgt wenigstens vier Billionen Meilen. D
Geschwindigkeit die gröfste ist, die wir in
gelernt haben, legt den Weg von der Sonn
den Weg von mehr als 20 Millionen Mei
13 Sec. zurück. Die gröfste Geschwindig

n Umständen segelnden Schiffes beträgt
ecunde oder nahe 100 Meilen in einem
ff würde daher, um die Entfernung der
rückzulegen, volle 580 Jahre brauchen.
it seiner uns ganz unbegreiflichen Ge-
Millionen Fufs in einer Secunde, würde
er Billionen Meilen von uns entfernten
hren erreichen. Aus diesem Fixstern
der ganzen Erdbahn (oder eine gerade
Meilen), wenn sie senkrecht auf der
n Stern steht, nur unter dem sehr klei-
Secunde erscheinen. Allein es giebt
Fixsterne, aus welchen dieselbe gerade
inkel von $\frac{1}{100}$ Secunde erscheint, und
Sternen beträgt über 400 Billionen
cht die Distanz von ihnen bis zu uns
rhunderten zurücklegen kann. Es wird
Himmelskörper geben, deren Licht in
welchen die Erde da seyn soll, noch
en hat, von diesen Sternen bis zu uns
n derselben wird das Licht, seiner wahr-
windigkeit ungeachtet, vielleicht erst
usenden auf der Erde ankommen; un-
n erst werden den Himmel mit sol-
nn, die lange vor uns schon an ihm
ir selbst sehn vielleicht noch mehrere
or Jahrtausenden schon verschwunden
ganze Zeit das Licht dieser bereits
melskörper noch auf ihrer Reise zur

wird genügen, die Zahlen der nun
ens einigermafsen nach ihrem wahren

Tafel XV. Durchmesser der Planet
Meilen, die Meile zu 22816 Par. F

	Meilen		Me
Mercur	672	Ceres	
Venus	1694	Pallas	
Erde	1720	Jupiter	19
Mars	893	Saturn	15
Vesta	50?	Uranus	7
Juno	300?	Sonne	192
		Mond	

Tafel XVI. Excentricität der Plan
Theilen des Halbmessers der E
geogr. Meilen.

	In Halbmessern der Erdbahn	In g Mei
Mercur	0,0796	164
Venus	0,0050	10
Erde	0,01679	34
Mars	0,1420	293
Vesta	0,2092	432
Juno	0,6823	1410
Ceres	0,2125	439
Pallas	0,6710	1386
Jupiter	0,2508	518
Saturn	0,5351	1105
Uranus	0,8939	1847

Wenn man die Zahlen der Tafel I durch
der Tafel VI multiplicirt, so erhält man die
Tafel XVI, und diese Producte wieder durc
tiplicirt geben die zweiten Zahlen der Tafel

lere, gröfste und kleinste Di-
neten von der Sonne in geogr.

nittlere	gröfste	kleinste
8000000	9645000	6355000
6348000	16451000	16245000
0666000	21013000	20319000
1489000	34424000	28554000
8803000	53127000	44479000
5168000	69268000	41068000
7263000	61654000	52872000
7298000	71165000	43431000
7521000	112704000	102338000
7129000	208187000	186071000
6423000	414896000	377950000

I, durch 20666000 multiplicirt, geben
r Tafel XVII. Addirt und subtrahirt
Producten die zweiten Zahlen der Tafel
die zweiten und dritten Zahlen dieser

ernungen von der Sonne in Son-
enhalbmessern.

ttlere	gröfste	kleinste
83,7	100,9	66,5
56,4	157,4	155,3
16,2	219,8	212,5
29,4	360,1	298,7
10,6	556,0	465,2
77,2	724,1	430,4
98,2	645,2	645,2
98,4	745,0	451,9
24,3	1178,5	1070,1
61,8	2175,0	1948,6
46,8	4340,0	3953,3

Tafel XIX. Entfernungen von der Er
Millionen geogr. Meilen.

	In der oberen Con-junction			In der Op unteren	
	mittlere	gröfste	kleinste	mittlere	g
Mercur	28	30	26	12	
Venus	34½	35	34	5½	
Mars	50	54	47	10	
Vesta	69	74	64	28	
Juno	75	90	61	34	
Ceres	77	82	72	36	
Pallas	77	92	63	36	
Jupiter	125	130	120	84	
Saturn	212	223	201	172	
Uranus	406	424	388	366	

Um die Zahlen dieser Tafel zu erhalten, werde
Conjunction die gröfsten und kleinsten Zahlen
zu der Zahl 20 und 21 addirt, und in der Op
dieselben Zahlen 20 und 21 von denselben grö
sten Zahlen der Tafel XVII subtrahirt.

Tafel XX. Oberflächen der Planet
Quadratmeilen.

Mercur	1392000
Venus	9003000
Erde	9282000
Mars	2506000
Vesta	9282
Juno	278000
Ceres	371000
Pallas	650000
Jupiter	1169406000
Saturn	755555000
Uranus	175151000
Sonne	116582000000
Mond	646900

lumen der Planeten in geogr. Kubikmeilen.

159544000
2552707000
2659073000
372270000
13000
13295000
21273000
45204000
3759924980000
1954416450000
218043740000
3741577397000000
47263000

hwindigkeiten der Planeten und elben gegen die Sonne.

eschwindigkeit in einer Zeitsecunde		Fall gegen die Sonne in einer Zeitsecunde
Meilen	153000 Par. Fufs	8,46 Par. Linien
	112000	2,42
	93544	1,27
	77000	0,55
	62000	0,20
	59000	0,20
	57000	0,20
	57000	0,20
	38800	0,047
	30000	0,014
	22800	0,003

Tafel geben die ersten den Weg, welchen r mittleren Bewegung um die Sonne in reibt, und die zweiten den Weg, um

welchen sich der Bogen seiner Bahn während
im Mittel der Sonne nähert oder von der Tan
gens sonnenwärts entfernt.

Tafel XXIII. Lage der Planetenbahne
Sonnenäquator.

	Rectascension des aufst. Knotens der Bahn auf dem Sonnenäquator	Neigung gegen de nenäq
Mercur	316° 51′	2°
Venus	242 45	4
Erde	248 0	7
Mars	254 21	5
Vesta	180 33	4
Juno	197 3	16
Ceres	208 43	3
Pallas	182 19	37
Jupiter	242 5	6
Saturn	231 12	5
Uranus	247 30	6

Tafel XXIV. Masse und Dichtigkeit
und Schwere auf ihrer Oberf

	Masse	Dichte	Sch
Mercur	0,17	14,4	17,4
Venus	0,88	4,5	13,7
Erde	1,00	4,9	15,098
Mars	0,132	4,8	7,55
Jupiter	336,75	1,2	40,0
Saturn	101,41	0,7	19,4
Uranus	19,81	1,2	15,86
Sonne	354940	1,22	422,8
Mond	0,0114	3,04	2,42

Für die Verhältnisse der Massen ist die Mas
für die der Dichtigkeiten ist die Dichtigkeit
Einheit angenommen worden. Die Schwere

Körper auf der Oberfläche des Planeten
e fällt (vergl. Taf. XIV).

V. Rotation der Planeten.

Rotation in mittl. Sonnenzeit			Geschwindigkeit des Aequators in einer Secunde
1 Tag	0^h	5′	504 Par. Fuſs
)	23	21	1430
)	23	56,1	1422
1	0	37,3	798
)	9	55,45	39100
)	10	29,3	33500
-	—	—	—
5	12	0,0	6272
7	7	43,2	22

ocentrische Bewegungen der Planeten.

e	Bogen der retrograden Bewegung		Dauer der retrograden Bewegung		Elongation am Anfang und Ende der retrograden Bewegung	
	8°	33′	20	Tage	14°	20′
	16	18	24		21	50
	15	20	41		27	40
	16	31	43		29	30
	11	8	62		129	0
	19	30	81		145	30
	10	0	119		115	0
	6	48	137		109	10
	3	36	151		103	30

Vorhergehenden eine tabellarische Ueber-
n des Sonnensystems gegeben haben, gehn
nplaneten (Satelliten oder Monden) der-

selben über, und betrachten unter diesen zuers
der Erde oder den .

Mond.

Bemerken wir zuerst, dafs dieser und alle
ten sich ebenfalls in Ellipsen um ihre Hau
zwar so bewegen, dafs der Mittelpunct de
den einen Brennpunct dieser Ellipse einnimmt
gung der Satelliten um ihren Hauptplaneten
selben Gesetze, wie die der Hauptplaneten um
gulirt, dafs nämlich erstens der Radius Vector
gleichen Zeiten auch gleiche Flächen um de
beschreibt, und dafs zweitens, wenn mehrere S
denselben Hauptplaneten bewegen, die Quadrat
Umlaufszeiten sich wie die Würfel der gro
Bahnen verhalten.

Die mittlere Entfernung der Mittelpuncte
der Erde, oder die halbe grofse Axe der el
bahn, beträgt 51830 geogr. Meilen, also na
messer der Erde oder $\frac{1}{400}$ der mittleren Entf
von der Sonne; die gröfste Entfernung aber b
die kleinste 48990 Meilen.

Die *Excentricität* der elliptischen M
0,054844 ihrer halben grofsen Axe, also 2842

Der *scheinbare Durchmesser* des Mondes

der mittlere . . .	0°	31′	7″
– gröfste . . .	0	33	31
– kleinste . . .	0	29	22.

Der *wahre Durchmesser* des Mondes
durchmesser oder 454 Meilen, also ist auch
des Mondes 0,0697 der Erdoberfläche oder gle
dratmeilen und das *Volumen* des Mondes
Erdvolumens oder gleich 47863000 Kubikmeile

Die *Masse* des Mondes ist $\frac{1}{87{,}73}$ der Er
Dichtigkeit der Mondmasse ist 0,62 der Dic
oder 3,04 der Dichte des Wassers.

Die *Schwere* auf der Oberfläche des Mon
Schwere auf der Oberfläche der Erde oder d

ses Satelliten in der ersten Secunde durch

des Erdäquators erscheint von dem Mit-
aus unter dem Winkel
mittl. Entfernung des Mondes von der Erde,
kleinsten – – – – – –
gröfsten – – – – – –
man die *Horizontalparallaxe* des Mondes

evolution des Mondes beträgt 27,321661
der 27 Tage 7^h 43′ 11″,5; die *tropische*
, 321582 T. oder 27 T. 7^h 43′ 4″,7; die
9 T. oder 29 T. 12^h 44′ 2″,9; die *ano-*
0 T. oder 27 T. 13^h 18′ 37″,4 und end-
s Mondes in Beziehung auf die Knoten
liptik oder die sogenannte *Drachenrevo-*
. oder 27 T. 5^h 5′ 36″.
Revolution ist die Zeit, die im Mittel
n Vollmonden oder auch zwischen zwei
verläuft, also die Umlaufszeit des Mondes
Sonne. Die anomalistische Revolution ist
ei nächsten Durchgängen des Mondes
einer Bahn oder sie ist die Zeit zwischen
ndlich auch zwischen zwei Erdnähen des
en Januar des Jahrs 1801 im mittlern
die mittlere Länge des Mondes gleich

tropischen Revolution und der für den
gegebenen Epoche wird man die mitt-
für jede andere Zeit bestimmen können.
ewegung des Mondes ist nämlich nach
eich

$$\frac{360}{27321582} = 13°,17640.$$

ge Element mit der gröfsten Schärfe zu
e tropische Revolution noch auf mehrere
Nach den neuesten Bestimmungen be-
che Bewegung des Mondes in 100 julia-
$\frac{1}{4}$ Tagen) oder 36525 Tagen 1336 ganze
nd 307° 52′ 41″,6, also auch

481267,87822 Grade.

Dividirt man daher die letztere Zahl durch 36525, s
für die genaue tägliche tropische Bewegung des M

13°,176396392,

oder

13° 10′ 35″,0270112.

Man mufs aber bemerken, dafs diese mittlere tägl
gung des Mondes wegen der Veränderlichkeit der
der Erdbahn[1] ebenfalls etwas weniges veränderlic
dafs sie sich in der gegenwärtigen Zeit in 100 Jah
10″,72 vergröfsert. Für dieselbe oben angeführte
Januar 1801) ist die Länge der Erdnähe (Perigeum
bahn gleich 266° 10′ 7″,5, und die Länge des
Knotens der Mondbahn in der Ekliptik gleich 13°

Diese beiden Puncte des Himmels sind aber
einer bedeutenden Bewegung unterworfen. Die B
grofsen Axe der Mondbahn in 100 julianischen J
11 Umläufe und 109° 2′ 46″,6 siderisch von We
ihre tägliche Bewegung ist also 6′ 41″,0 und sie
ren siderischen Umlauf am Himmel in 3232, 5753
8 julian. Jahren 310 T. 13h 48′ 29″. Aber auch ih
vermindert sich gegenwärtig in 100 Jahren um 50
so ist auch die Knotenlinie der Mondbahn bewegli
schreibt in 100 julian. Jahren 5 Umläufe 134° 9′ 57
ihre tägliche Bewegung ist also 3′ 10″,64 von Ost
und sie vollendet ihren siderischen Umlauf in 67
oder in 18 julian. Jahren 218 T. 21h 23′ 9″.
mindert sich die Bewegung dieser Knotenlinie ge
100 Jahren um 6″,56.

Die *Neigung* der Mondbahn gegen die Eklip
47″,9. Die Neigung der Mondbahn gegen den
Erde aber ändert sich sehr stark, von 18° 19′ bis
19 Jahren, nämlich um das Doppelte der ersten
5° 8′ 47″,9. Die Neigung des Mondäquators gege
tik endlich ist 1° 28′ 25″ und diese letztere Neigun
Zeiten unveränderlich.

Die oben erwähnte Bewegung der Knoten de
auf der Ekliptik, so wie die Neigung der Mondbah

---

1 Vergl. Art. *Mond.* Bd. VI. S. 2368.

l 5° 8′ 47″,9 = 5°,1466 beträgt, sind,
äculären, auch noch *periodischen* Aen-
die von der Lage der Sonne und des
iese Knoten abhängen. Nennt man ⊙
☾ die Länge des Mondes und Ω die nach
ir jede Zeit bestimmte Länge des Kno-
ɔ ist die wahre Länge Ω′ dieses Kno-

$$\ldots 2(\odot - \Omega) + 0°,12 \text{ Sin.} 2(\mathbb{C} - \Omega) - 0°,11 \text{ Sin.} 2(\mathbb{C} - \odot)$$

; N der Mondbahn gegen die Ekliptik

$$\text{Cos.} 2(\odot - \Omega) + 0°,01 \text{ Cos.} 2(\mathbb{C} - \Omega) - 0°,01 \text{ Cos.} 2(\mathbb{C} - \odot).$$

deckung des Dom. Cassini wird die
läquators für jede Zeit auf folgende Art
durch den Mittelpunct des Mondes eine
ne Rotationsaxe legt (welche Ebene also
wird), und wenn man ferner durch den-
zweite Ebene parallel mit der Ekliptik
(die Mondbahn selbst) legt, so haben
ın man von den drei so eben angeführ-
ichheiten Ω′ — Ω und N — 5°,1466
eselbe Durchschnittslinie. Die zweite
die zwischen die beiden andern gelegt
it der ersten den Winkel 1° 28′ 25″
en Winkel 5° 8′ 47″,9; der abstei-
ndäquators mit der Ekliptik fällt immer
teigenden Knoten der Mondbahn in der
d jene haben, so wie diese, eine re-
nd eine siderische Umlaufszeit von
dieser Zwischenzeit (von nahe 18 julian.
) beschreiben der Pol des Mondäqua-
Iondbahn kleine, der Ekliptik parallele
ler Ekliptik einschliefsen, sodafs diese
d auf einem gröfsten Kreise des Him-

it des Mondes um seine Axe ist genau
it des Mondes um die Erde gleich, also
3′ 11″,5. Aus dieser Ursache kehrt uns
dieselbe Seite zu, und die uns abge-

wendete bleibt für uns, bis auf die *Librationen* verborgen. Aus demselben Grunde ist also auch die gewendete Seite des Mondes unserer Erde stets

Der Mond erleidet von der Sonne sehr Störungen. Die vorzüglichsten Störungen de

1) Die *Evection.* Sie kann durch e der Excentricität der Mondbahn in den Syz und Vollmonden) und durch eine Vergröfse den Quadraturen vorgestellt werden. Diese bis auf 1° 16′ 28″ gehn.

2) Die *Variation* beträgt nahe 40 Min ren gröfsten Werth in den Octanten, verschw Syzygien und Quadraturen.

3) Die *jährliche Gleichung* geht bis 1 Periode ist dem Erdenjahre gleich.

Monde Jupiters.

Jupiter ist von *vier* Monden umgeben, Umlaufszeiten und mittlere Entfernungen von

	Sid. Umlaufszeit			Entfernung
I Satellit	1 Tag	18h	28′	6,049 Halbm
II	3	13	14	9,623
III	7	3	43	15,350
IV	16	16	32	26,998.

Wenn Jupiter in seiner mittleren Entfernung so erscheinen uns die Durchmesser dieser Mo den Winkeln:

	Mittlere scheinbare Durchmesser dieser Monde
I . . .	1″,015
II . . .	0,911
III. . .	1,488
IV . . .	1,273.

Daraus folgen die vom Jupiter aus gesehenen s messer derselben:

---

1 Vergl. Art. *Mond.* Bd. VI. S. 2387.

. . . 0° 31′ 11″
. . . 0 17 35
. . . 0 18 0
. . . 0 8 46,

en Durchmesser derselben
. . . 530 geogr. Meilen
. . . 470 — —
. . . 780 — —
. . . 660 — —.

Vorhergehenden, dafs die mittleren Ent-
von dem Mittelpuncte Jupiters oder dafs
en ihrer Bahnen sind
. . . 58000 Meilen
. . . 93000 —
. . . 148000 —
. . . 260000 —.

r Monde hat man zu bestimmen gesucht.
):
. . . 0,0000173 der Jupitersmasse
. . . 0,0000232 —
. . . 0,0000885 —
. . . 0,0000427 —.

alle gröfser als der Erdmond, besonders
Vom Jupiter gesehn erscheint der erste
s unser Mond, der zweite und dritte aber
vierte nur den vierten Theil (im Durch-
ns der Mond[1].

onde Saturns.

n Entfernung Saturns erscheinen uns die
sehr klein, und sind uns deshalb auch
als die Monde Jupiters. Der äufserste
röfste von allen und wahrscheinlich nicht
Seine Bahn ist merklich gegen die Ebene
elcher den Saturn umgiebt, während die
chs sehr nahe in dieser Ringebene liegen.

Planeten. Bd. VII. S. 64.

Der sechste Satellit steht jenen auch an Grö
folgenden sind schon viel kleiner, und die
so klein, dafs sie nur durch die besten Fer
nur unter den günstigsten Umständen gese
Die siderischen Umlaufszeiten und mittleren
ser Monde von dem Mittelpuncte Saturns si

	sider. Umlaufszeit			mittleren
I ...	0 Tag	22h 36′	18″	2,468
II ...	1	8 53	3	3,208
III ...	1	21 18	0	5,284
IV ...	2	17 45	0	6,819
V ...	4	12 25	0	9,524
VI ...	15	22 41	25	20,706
VII ...	79	7 55	0	64,359.

Daraus und aus Taf. XV folgen die halben
Bahnen dieser Satelliten oder die

	mittleren Entfernungen
I ...	19170 Meilen
II ...	24910 —
III ...	40970 —
IV ...	52920 —
V ...	73870 —
VI ...	160710 —
VII ...	499430 —.

Die Bahnen des 3., 4., 5. und 7. Satelliten
sehr unvollkommen bekannt, besser aber die
besten die des 6. Satelliten[1].

Monde des Uranus.

Der ältere Herschel glaubte sechs Sa
gesehn zu haben. Den 2ten und 4ten der
Distanz vom Hauptplaneten gezählt, hat der
wieder gesehn, nicht so die vier anderen.
genthümliche haben, dafs ihre Bahnen unter
78° 58′ gegen die Ekliptik geneigt sind und
sen Bahnen nicht von West gen Ost, wie

1 Vergl. Art. *Nebenplaneten* a. a. O. S. 74
S. 163.

res Systems, sondern dafs sie sich rück-
West, bewegen. Ihre siderischen Um-
Entfernungen vom Uranus werden wie

	mittl. Entfernung			
3,12	Halbm. d. Uranus	oder	49000	Meilen
7,02	—	—	63600	—
9,84	—	—	74200	—
2,75	—	—	85100	—
5,51	—	—	170200	—
1,01	—	—	340400	—

Kometen.

er unterscheiden sich von den Planeten
wach begrenzte, gewöhnlich in einen
alt, ferner durch die grofse Excentricität
grofsen Neigungen ihrer elliptischen
ebenfalls und nach denselben Gesetzen,
lie Sonne laufen. Von den bisher ge-
ast 150 berechnet worden. Allein da
Bahnen in der Nähe des Perihels, wo
können, sehr nahe mit einer Parabel
es unmöglich ist, aus einem so klei-
ie grofse Axe derselben durch Rech-
bestimmen, so hat man die Berech-
el einfacheren parabolischen Hypothese
on diesen Himmelskörpern, deren Bahn
erihels noch von einer Parabel merk-
nan auch in Beziehung auf ihre grofse
laufszeit bestimmen. Ohne Zweifel ist
ern noch beträchtlich gröfser und die
wahrscheinlich sehr grofs. Wir ver-
erüber Gesagte [2], und beschränken uns
gabe der vier erwähnten genauer be-

neten a. a. O. S. 74 und *Uranus*. Bd. IX.

V. S. 917.

kannten Kometen. Diese sind: Halley's Ko
Encke's von 3,3, Biela's von 6,7 und endl
met von nahe 74 Jahren Umlaufszeit.

Von Halley's berühmtem Kometen hat man
nungen aufgezählt, von welchen aber die 11 ers
matisch sind. Die erste Erscheinung dieses Kom
vor Chr. G. zur Zeit des Mithridates statt gefunde
im J. 323 nach Chr. Geb. zur Zeit des Concili
dritte im J. 399, zugleich mit dem ersten Au
len im südlichen Europa, mit denen man
Verbindung zu bringen wufste. Die gleichz
kirchlichen Geschichtschreiber des 4ten Jah
ihn einen *Cometam prodigiosae magnitud*
aspectu et comam ad terram usque demitter
Erscheinung desselben soll auf das Jahr 547
von Totilas geplündert wurde. Die fünft
930; die sechste auf 1005; die siebente
achte auf 1155; die neunte auf 1231 und d
Jahr 1305. Diese letzte Erscheinung soll al
in Europa verbreitet haben. Der Komet dies
ungeheuer grofs beschrieben, und ihm folgt
verheerende Pest, welche unsern Welttheil sie
mit Leichen bedeckte. Die 11te dieser ap
scheinungen endlich soll in das Jahr 1380 ge
die erwähnten Jahre passen allerdings in d
Periode von 76 Jahren, aber da es an allen
achtungen aus jenen Zeiten fehlt und da die
len sehr häufig erscheinen, so ist die Identitä
Kometen für jene Epochen nichts weniger al

Wir gehn daher sofort zu den späteren,
scheinungen dieses Kometen über. Die erst
vom Jahre 1456, wo er, nach den Zeugni
Schriftsteller, in den Sternbildern zwischen d
Löwen mit ungemeiner Pracht erschien. S
eine Länge von 60 Graden und derselbe h
sein Ende fächerartig aus. In der That stan
wie spätere Rechnungen bestätigten, der So
sehr nahe und daher in für seine Sichtbarkeit
günstigen Verhältnissen. Uebrigens war zu de
im hohen Grade aufgeregt durch Sultan Mahc

ntinopel erobert, dadurch dem griechischen
de gemacht hatte und nun drohte, mit sei-
aren die Nachbarn zu überfallen. Die zweite
ung fällt in das Jahr 1531. Der berühmte
ANUS (BIENEWITZ) beobachtete ihn zu In-
sind überhaupt die eigentlich ersten wis-
achtungen, die wir von Kometen erhalten
Male erschien der Halley'sche Komet im J.
n das Ende Octobers seine Sonnennähe er-
die Zeit, wo Elisabeth in England und
nkreich regierten und wo KEPLER das Ge-
ls entdeckte. Die besten Beobachtungen
ind von KEPLER selbst, von LONGOMON-
LOT und TORPORLEY. Die vierte Erschei-
Jahr 1682, und jetzt wurde er erst von
s Zeitgenossen, wissenschaftlich berechnet
, dafs dieser Himmelskörper nach KEPLER's
tische Bahn um die Sonne beschreibe.
die Elemente dieser Bahn, so wie er auch
Kometen mit jenen von 1607 und 1531
sondern auch constatirte, ja sogar die Wie-
ir das Jahr 1758 vorherverkündigte. Diese
fand auch in der That nur wenige Monate
r Komet am 12. März 1759 durch seine
nd in diesem Jahre von allen Astro-
bachtet wurde. Zum sechsten Male end-
J. 1835, wo ihn unsere Leser wahr-
n haben, daher wir uns nicht länger dabei

den Kometen, deren Umlaufszeit bekannt
n berühmten Kometensucher PONS in Mar-
1818 entdeckt und von ENCKE, der ihn
hnung unterwarf, als ein Komet von 3
gen Umlaufszeit erkannt. Er wurde schon
den Jahren 1786, 1795 und 1805, gesehn
ne dafs man ihn als einen Kometen von so
erkannte. Dieser Komet erschien wieder

einer Monographie des Halley'schen Kometen,
Wien 1834.

gegen Ende des Jahrs 1838, und zwar in einer für
barkeit sehr vortheilhaften Stellung.

Der *dritte* jener Kometen ist derjenige, den B
Februar 1826 entdeckt und dessen Umlaufszeit er
Er hat das Eigenthümliche, dafs er der Erde in ihre
nur, sondern auch selbst dem Encke'schen Kom
sehr nahe kommen kann, da seine Bahn so geleg
sie der Erdbahn sowohl, als auch der Bahn di
ten nahe vorbeigeht. Die säculären Aenderung
diese beiden Kometenbahnen durch andere Plane
können dieses Nahestehn der Bahnen in der Folg
in ein Durchschneiden derselben verwandeln, und
einmal ereignen sollte, dafs dieser Komet zugleic
der beiden andern Himmelskörper durch diesen D
punct der beiden Bahnen ginge, so würde ein C
Körper erfolgen, der auch wohl eine Zerstörung d
beiführen könnte.

Der *vierte* jener Kometen endlich ist der,
am 6ten März 1815 entdeckte. Nach den Berec
seine Umlaufszeit 75 Jahre betragen, so dafs
gen das Jahr 1887 uns seines Wiederbesuchs zu
ten. Da er nur klein und unansehnlich ist, so
lich, warum man ihn in frühern Zeiten nicht bem

Znm Schlusse theilen wir hier noch die El
vier Kometen mit.

	Halley	Encke	Biela
Zeit des Perihels	1759 März 12,59 m. Z. Paris.	1819 Januar 27,252	1826 März 18,22
Länge des Perihels	303°,167	157°,098	107°,92
aufst. Knoten	53°,836	334°,727	248°,70
Neigung	17°,620	13°,645	13°,21
halbe grofse Axe	18°,011	2°,213	3°,56
Excentricität	0,967	0,849	0,74
Umlaufszeit	76 Jahre	3,292 Jahre	6,74 Jahr
Bewegung	retrograd	direct	direct

etterleuchten.

Éclair sans tonnerre, Éclair de
ng, Lightning without Thunder,
Light.

hnet man ein am Himmel sich zeigendes,
ausgehendes, elektrisches Leuchten, wo-
ſs bleibt, ob es von entfernten Blitzen
r nicht gehört wird, oder ein für sich be-
st. Fände der erstere Fall statt und wäre
rleuchten nichts anders, als das Sichtbar-
r Blitze, so könnte dem Phänomene keine
ng gewidmet werden, sondern dasselbe
eits mitgetheilten Artikel *Blitz;* es sind
le vorhanden, ein für sich bestehendes
n, welches wir zu zeigen und dann das
r zu erläutern uns bemühn werden.

ner sehr weit entfernter Blitze nicht hört,
chein derselben, auch ohne vorhandene
g klaren Himmel, hauptsächlich in dun-
utlich wahrnimmt, so läſst sich nicht al-
en, ob das wahrgenommene Phänomen ein
tterleuchten sey; es giebt aber eine Menge
nwidersprechlich darthun, daſs das letz-
ls selbstständiges Phänomen statt finde.
nd Römer erwähnen die Beobachtungen
ner, allein da diese nach ihrer Ansicht
hören, aus den Erzählungen auch her-
Tage gesehn wurden, wo das Wetter-
vahrgenommen wird, so können sie hier
htigt werden. Bei den so oft im Horizonte
inungen bleibt es immer zweifelhaft, ob
en Blitzen herrühren, das eigentliche Wet-
esteht aus einem über dem Horizonte zum
bald helleren bald schwächeren Licht-
t eigentlich in die Länge zieht, sondern

mehr in die Breite, keinen Strahl enthält und regt. Kämtz[1] hat sich die Mühe gegeben, tung des Wetterleuchtens genau nachzuforsch zu jener Zeit im Bereiche des Sichtbarwerde statt fand. Schübler[2] erzählt nämlich, da Aug. 1825 in mehreren Gegenden Würtemb schen 9 und 11 Uhr bei völlig klarem Himm habe, während kein Beobachter auf einer 400 Quadratmeilen ein Gewitter bemerkte, au zu dessen Bildung nicht geneigt schien. Au den Tagen bemerkte man in mehreren Ge Blitze, während der Himmel gröfstentheils zogen an diesem Tage durch einige Gegen einzelne Gewitter. Hierzu berichtete Mohr über die ganze Gebirgsgegend Wetterleucht und Brandes aus Salzuffeln, dafs sich Aben westlichen Himmel Gewitterwolken zeigten u Wetterleuchten sah. Hiernach fehlt also zw jede Nachricht von einem vorhandenen Gewi bemerkt, allein zwischen Würtemberg und wurde nicht beobachtet, und über diese Stre Nachrichten[3].

Gewifs ist wohl, dafs man beim Wetterl sich *das Wetter abkühlt*, wie man dieses zu d. h. wenn bei vorhandenem heiterem Himm stens bei der Abwesenheit eigentlicher Gew helle Lichtscheine am Himmel zeigen, nie wifsheit sagen kann, dieses rühre nicht von tern her, es sey denn, dafs man, wie im er schehn zu seyn scheint, über eine hinläng die Ueberzeugung von der Abwesenheit eigentlic ten habe. Handelt es sich aber um die Feststell ob es ein eigentliches Wetterleuchten gebe eigenthümlichen Beschaffenheit dasselbe sey,

---

1 Meteorologie. Th. II. S. 481.

2 Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 39.

3 Heidelberg darf hierbei füglich als Zwische ich kann daher ergänzend bemerken, dafs hier auch am 27ten Morgens völlig wolkenfreier Himme

hrung die vollständigste Gewifsheit. Im
n einem warmen Sommerabende bei übri-
m Himmel in einer Höhe von etwa 45°
nglich gestreckte dünne Wolke, in wel-
sig wiederkehrend Lichtscheine zeigten,
l, welche man an leuchtenden Barome-
klin'schen Röhren wahrnimmt, mit der
dafs das Licht keinen grünlichen Schein
häufig der Fall ist, sondern weifs und nur
schimmernd war. Eine solche eigenthüm-
haltung habe ich seitdem nie wieder ge-
agegen ein eigentlicheres und zugleich
in ähnlichen Wolken, jedoch ganz ohne
l, und ich trage kein Bedenken, auch
r die Classe des Wetterleuchtens zu rech-
ringsum vom heiteren Himmel umgebenen
rscheiden kann und dadurch zu der Ue-
afs das Licht nicht etwa der Widerschein
In sehr vielen Fällen sieht man jedoch
das Wetterleuchten wahrnimmt, nicht
litze selbst, sondern nur deren Wider-
öllig heiteren und wolkenfreien Himmel.
t Bergmann[1], dafs er diese genannte Er-
ommen habe, worauf es ihm aber einmal
e Wolke von einem Berge aus zu ent-

en meisten Fällen wird also das, was man
, das Erzeugnifs entfernter Blitze seyn,
das eigenthümliche, näher bezeichnete
dem, was durch den Namen stille Blitze,
che elektrische Entladungen ohne Donner,
nfalls diesen Namen beilegen, so zeigen sich
nigen heifsen Gegenden häufiger, als unter
Breiten. So erzählt Bladh[2] von den
Insel Sumatra, dafs sich daselbst fast
benddämmerung bis zum Morgen ununter-
zeigen. Auf gleiche Weise sah v. Hum-

[1] ib. d. Erdkugel. Th. II. S. 76.
[2] bhandl. Deutsche Ueb. 1780. Th. I. S. 97.

BOLDT[1] bei seiner Reise auf dem Orinoco den Him
Zeit vor Sonnenaufgang gröfstentheils bewölkt, un
dabei in mehr als 40° Höhe viele Blitze, ohne
hören, obgleich dieser in jenen stillen Gegenden so l
nehmbar seyn mufste.

Man betrachtet allgemein das Wetterleuchten,
gewöhnlichen Sprachgebrauche nach oft gesehn wir
durchaus so bekannte Sache, dafs die Beobachte
selten, wenn nicht zufällig dazu vermocht, die
ben, zu untersuchen, ob es von entfernten Blitz
oder eine für sich bestehende Erscheinung ist; inzw
es doch, aufser den bereits angegebenen, einige absi
wegen angestellte Untersuchungen. LAMPADIUS[2]
Wetterleuchten ohne Ausnahme von entfernten Ge
dennoch kann das, was er selbst zu Teplitz wahr
nigstens zum Theil eigentliches Wetterleuchten ge
wenn gleich aus den beigefügten Bemerkungen GIL
vorgeht, dafs in weiterer Entfernung Gewitter statt
ohne Zweifel den gröfsten Theil der Lichtscheine
ben; denn es hat in der That nichts Widersprech
zu einer Zeit, wo die Atmosphäre überhaupt mit
überladen ist, auch an denjenigen Stellen, wo kein
Gewitter vorhanden sind und keine Blitze zum
kommen, Ausgleichungen der Elektricität mit ei
scheine sich zeigen. Dagegen ist IDELER[3] der Meinu
Ausgleichung der Luftelektricität sich ohne eigen
auf verschiedene Weise durch blofses Leuchten kun
diese Erscheinungen müssen wir doch als eigenthü
einen besondern Namen bezeichnen, wozu sich der üb
lich *Wetterleuchten*, am besten eignet. Hierbei be
auf diejenigen Lichtphänomene, welche HUTH[4] an
31. März 1804 zu Charkow beobachtete. Im Allg
der Himmel schnell wechselnd und wahrhaft prot
verändernd, bald dicht verschleiert, bald ganz heite
der mit dünneren und dichteren Wolken bedeckt.

---

1 Voyage. T. VII. p. 9. KÄMTZ Meteor. Th. II. S.
2 G. LXXIV. 432.
3 Poggendorff's Ann. XVII. 440.
4 G. XXX. 238.

d ein milchiger Ueberzug, bald ein mehr
zendes, zuweilen streifiges Leuchten, und
ch ein spinnenwebenartiges Gefühl auf
das Elektrometer aber durch Anschlagen
starker Luftelektricität angab, so kann
n, dieses Leuchten für ein elektrisches
beruft er sich auf eine Angabe Humes Leuchten auch im Zenith bei Wolken
bedeutende Höhe hatten.

ıfsert sich Brandes[2] hierüber, wenn er
e Wetterleuchten, wo man sagt, die Luft
n oft bei ganz heiterm Himmel gesehn,
nicht so aussah, als ob in 20 Meilen
itter seyn könne. Was mich in dieser
rleuchten entstehe bei heiterem Himmel,
chterscheinung hoch über dem Horizonte,
hes Wetterleuchten in meiner Nähe zu
Bei meinen im August 1817 angestellten
öternschnuppen nämlich, an einem schö-
de, bei einem Wetter, wo man wohl
warten pflegt, sah ich hoch am Himmel
einen Augenblick dauerndes Licht, das
le erlosch, wo es entstanden war. Die-
s heiterm Himmel konnte in gröfserer
als Wetterleuchten erscheinen. Aehnli-
n habe ich auch sonst wohl gesehn, und
n Sternschnuppen dadurch unterscheiden,
grofsen, schnell erlöschenden Flamme
cht die rechte Bezeichnung ist) gleichen[3],
ıschnuppen als Funken oder als fortzie-
erscheinen, so ist die Vermuthung, dafs
e Beschaffenheit haben, wenigstens nicht
afs man sie so selten über sich, und das

éq. T. VII. p. 9.
rungslehre. Leipz. 1820. S. 354.
dafs auch Bergmann mehrere Erscheinungen
e, unter denen die am 12ten Januar 1760 zu
holm gesehene, deren Höhe er auf drei Mei-
e, am meisten Aehnlichkeit hiermit hatte. S.

„Wetterleuchten am Horizonte so oft sieht, ist eb
„begreiflich, da alle in geringerer Höhe als 5 G
„nenden Lichtphänomene, wenn sie 5000 Fuſs h
„Erde entstehn, auf einem 18 Meilen breiten R
„herum im Zenith stehn können. Dieser Ring,
„Halbmesser 2,5 Meilen, der äuſsere 20 Meilen is
„fähr 1200 Quadratmeilen Flächeninhalt, statt d
„Kreis etwa 20 Quadratmeilen enthält. Man
„Blitze auf 0 bis 5 Grad Höhe sehn, ehe m
„Zenith näher zu sehn bekommt.“ Kämtz[1]
dieser Beschreibung, daſs Brandes das Wette
für entfernte Blitze, sondern für eine den Sternsc
liche Erscheinung gehalten habe; allein ich finde
Erzählung nicht, da das Phänomen ein schneller
terem Himmel genannt wird, und aufserdem
das Wetter kühlt sich ab, ein bekannter und seh
der ist. Bemerkt werden muſs hierbei indeſs,
diese Erscheinung von einer andern unterscheidet
ohne allen Donner sich zeigen. Auch hierüber
auffallende Beobachtung im Jahre 1803 an ei
groſsen Wolke, die etwa 6 bis 10 Grad hoch
sie blitzte fast unaufhörlich, ohne daſs der Donner
schien aber nicht so entfernt zu seyn, daſs de
wegen an dem stillen Abende unbemerkt bleiben

Die Ursache des Wetterleuchtens und die
selben kann wohl nicht zweifelhaft seyn. Zu
dieses allerdings am wenigsten dann der Fall,
entfernten Blitzen herrührt, allein obgleich m
Phänomene durch den Ausdruck Wetterleuchten
müssen wir sie doch hier ausschlieſsen. Es kan
von denjenigen Lichterscheinungen die Rede sey
keine Blitze statt finden, allein auch diese müss
falls aus überwiegenden Gründen für elektrisch
halten. Hierfür entscheidet schon ihre groſs
und nahe Verbindung mit den Blitzen, die ob
mit einem Donner verbundene Entladung nicht
langen, wohl aber aus einer Wolke in eine ihr
räuschlos übergehn. Wollen wir überhaupt

1 Meteorologie. Th. II. S. 483.

nden Sprachgebrauche gemäfs, diejenigen
nen kein Donner gehört wird, so würde
Phänomene mit der des Blitzes zusam-
gesonderte Untersuchung erfordern; allein
nit keine genau wissenschaftliche Be-
bar seyn, da sich nie mit Bestimmtheit
ich kein Donner vorhanden gewesen oder
vorden sey, anderntheils aber müfsten zur
die blofsen Lichtschimmer gehören, die
unterscheiden. Bezeichnen wir daher
ofs diejenigen Lichterscheinungen, die mit
als die Blitze, und diesen sehr ähnlich,
ntlichen Strahl zu bilden, zum Vorschein
erschwinden, so unterliegt es dennoch
richtigen Zweifel, sie für elektrisch zu
ziges bedeutendes Argument dieser Hy-
die Beschaffenheit derselben aber im
et. Aus allen oben angegebenen That-
lafs das Wetterleuchten allgemein nur
l sich wirklich zeigt, wenn die Dispo-
sehr elektrisch und zur Entstehung der
st; die Beobachtungen von Huth aber
ct für diese Hypothese beweisend gelten.
ne nähere Bezeichnung der Eigenthüm-
hen Entladungen übrig, die wir durch
uchten zu bezeichnen pflegen.

ch einer Erklärung dieser Phänomene
Miles[1] zurückführen, welcher das elek-
ener Glasröhren damit verglich. Wat-
Leuchten in Röhren mit verdünnter Luft
owohl mit dem Wetterleuchten, als auch
Am ausführlichsten und deutlichsten äu-
ork[3] sowohl über das Phänomen, als
he. Wenn dichtere oder dünnere Wol-
Mengen von Elektricität erfüllt, einander
e Elektricität von der stärker geladenen

5. T. XLIV. N. 475. p. 290.
XLVII. p. 367.
at. §. 2530. T. II. p. 1075.

in die andere über, bis das Gleichgewicht zwi
gestellt worden ist. Diese Ausgleichung gesch
selnde Flammen, wie wir solche wahrnehmen
schinenelektricität in einen luftleer gemachten
oder eine exantlirte Glasröhre einströmt. Di
nach das Phänomen ein elektrisches ist, hat
mein beibehalten, auch DE LUC[1] pflichtete il
sie aber nach derjenigen Theorie, die er üb
überhaupt aufstellte. REIMARUS[2] vergleicht d
mit den Lichtstrahlen, welche aus den Her
stark elektrisirten Körpers freiwillig hervors
daher eine Wolke mit Elektricität überladen
aus ihren Enden dergleichen Strahlen aussend
streut und ohne durchbrechende Gewalt in
Blofse Lichtscheine brechen auf diese Weise
hier, bald dort, zuweilen fast ohne Unterbr
Anlafs zur Ueberladung giebt die fortdauernd
der Ladung, bisweilen die Zusammenziehung
die Veränderung ihrer Gestalt. Eine ähnliche
gen diejenigen Strahlen, welche man im Dun
ausfahren sieht, die durch einen steten Zuflu
überladen werden und doch keinen bestimmten
dem sie dieselbe durch einen Funken mittheilen
Wolke zerstreut sich daher die Elektricität in
kein leitender Gegenstand innerhalb ihrer Sch
den ist.

Will man nicht absichtlich Schwierigk
glaube ich, dafs diese Hypothese zur Erkläru
ten Phänomens völlig genüge und durch eine
von Thatsachen hinlänglich begründet sey. I
tricität und deren Uebergang von positiver zu
eine Wirkung des Niederschlages und der
und dafs die auf solche Weise erzeugte E
dickeren und dünneren, ja sogar in den bis z
dünnen Wolken zurückgehalten werde, darf
macht gelten. Hiernach zeigt sich dann die du

---

1 Ideen über die Meteorologie. Th. II. §. 649.

2 Vom Blitze. Hamb. 1778. §. 173. Neuere E
Hamb. 1794. §. 73.

neu erzeugte und frei werdende Elektrici-
tlichen, zur Erde herabfahrenden Blitzen,
che von einem Theile der Wolke zum
der endlich durch einen blofsen Licht-
in abnehmender Stärke, jenachdem die
ckerer ist. Blofse Lichtscheine der frei-
gewahrt man auch aufserdem häufig, z. B.
hren im Dunkeln, oder wenn man bei
Luft einige auf einander liegende Bogen
erwärmt, schnell mit Federharz reibt und
ängende Bogen von einander trennt, in
em leisen Knistern sich ein Lichtschein
es Papiers verbreitet. Hiernach hält denn
blasse, mattrothe Licht, welches sich zu-
den Gewittern, selbst aber bei wenig
einend ganz heiterem Himmel zeigt, für
n unabhängige, leuchtende Erscheinung,
Ausströmung starker, Elektricität ohne
benachbarter Wolkenschichten veranlafst

rfen wir als die sehr allgemein herr-
ATTRUCCI[2] aber hält das Phänomen zwar
risches, bringt jedoch damit die Einwir-
die isolirende Eigenschaft der Luft in
Untergange der Sonne und während der
er Meinung die niedergeschlagenen Däm-
odens eine leitende Schicht, die dazu
icht zwischen der Elektricität der Erde
re herzustellen. Das Phänomen soll sich
den Ebenen zeigen, weil die Elektrici-
wegen geringerer Dichtigkeit der Luft
er Niederschläge bei der geringeren Tem-
chen kann. HUBER-BURNAUD[3] hält
hänomen für eine Wirkung entfernter
be sonst einmal in der Nähe des Zeniths
hen bemerken die Herausgeber der Zeit-

teorologie. Leipz. 1831. S. 152.
XLII. p. 9.
54.

schrift, man gewahre das Wetterleuchten
Theilen des Horizontes, und könne doch
setzen, dafs dann gerade rings umher Gewi
keins bei völlig heiterm Himmel über de
sichtbar sey. Im Zenith sehe man allerding
ten selten[1], jedoch hätten sie selbst dass
Nacht am Ende des Augusts 1828 wahrgen
trisches Leuchten müsse sich stets zeigen,
tend werde, es möge dieses durch Verd
Wasserdampf erfolgen, wenn nur das Gle
dem von dieser Luft berührten Körper
hergestellt sey. In diesem Falle könnten
Entladungen sich nicht in Gestalt von Fun
trockner und isolirender Luft, sondern a
durch einen blofsen Lichtschein.

Da sich keine bestimmte Grenze zwisc
den bis zum Verschwinden abnehmende
den dicksten bis zu den kaum oder gar
baren Wolken angeben läfst, so müssen w
die gesammten für diese Erklärung zeugen
gen das eigentliche Wetterleuchten für eine
nung, und somit für ebenso genügend er
überhaupt die Naturerscheinungen zu kenn
uns anmafsen dürfen.

---

1 Die Ursache hiervon hat Brandes sehr
oben.

etterlichter.

feuer, St. Helmsfeuer, He-
iasfeuer; *Ignis ex acuminibus,*
astor et Pollux; Feu St. Elme,
St. Helen's - Fire, Hermes's

t diesem Namen eine seit den ältesten
ältnifsmäfsig sehr häufig vorkommende
vorragende Gegenstände jeder Art, ins-
, einen Lichtpunct oder einen zuweilen
ne ausströmenden Feuerbüschel zeigen.
Römern war diese Erscheinung vorzugs-
t, wenn sie sich an den Masten der
r galt sie für ein gutes Omen, nament-
s Verschontwerdens von Stürmen oder
der vorhandenen, wenn sie zwei Licht-
e sie dann *Castor* und *Pollux* nannten,
wenn sich nur ein einziger Lichtschein
Helena nannten. Aus diesem Namen,
er Ausdruck *St. Elmo, Telmo, Hermo*
iesischen Schiffer nennen das Phänomen
ischen *Comasant*, die niederländischen

der Alten nicht zu erwähnen, worin
chtschimmers auf den Spitzen der Ma-
nzen blofs erzählt wird, mögen bei-
wenige Angaben hier Platz finden. Der
ius[2] erzählt, er selbst habe Sterne auf
n und auf den Masten der Schiffe ge-
von einer Stelle zur andern hüpften.
uf eine wunderbare und in der Majestät
Weise auch zuweilen auf den Häuptern der

IV. S. 742.
I. Cap. 37.

Menschen. Oft wird erwähnt, dafs sich d
den Spitzen der Lanzen und der Pfeile
Seneca[1], Livius[2], Hirtius[3] und Andern
dieses für ein Glück prophezeihendes Vor
insbesondere das mehrfach erwähnte Phänom
zu grofsen Dingen bestimmter Kinder eine
breitete oder brannte, wie man dieses ausdr
hört die Erzählung Virgil's[4] vom Iulus,
Servius Tullius und Andern; auch wird
cus berichtet[6], dafs eine ihm selbst nicht
seinen Kopf umgab, als er öffentlich redete
könig Bamba hielt man für den durch das
ten Nachfolger in der Regierung wegen e
säulenförmig von seinem Kopfe aufstieg[7].
diese gesammten Erscheinungen von der au
u. s. w. ausströmenden Elektricität ableitete,
tinon[8] seyn, nachdem Miles[9] schon 174
elektrischen Feuerbüschel zuerst beachtet hat

Bis auf die neuesten Zeiten herab hat
Erscheinungen mit wenigen Modificationen
genommen; da aber ihre Erklärung nicht st
es den Beobachtern meistens nicht der Müh
überhaupt oder nur gelegentlich bekannt zu
also genügen, einige der auffallenderen Bei
woraus dann zugleich die Beschaffenheit
Ausströmungen und die Bedingungen, unt
vorzugsweise zeigen, genügend hervorgehn
ist bei der unverkennbaren Gleichheit diese
denen, die sich bei Erregung der Masch
Spitzen zeigen, die Art ihren Erzeugung nic

---

1 Quaest. Nat. Lib. I. Cap. 1.
2 Histor. Lib. XXXII. Cap. I.
3 Bellum Afric. Cap. 47.
4 Aeneid. Lib. II. v. 681.
5 Histor. Lib. I. Cap. 39.
6 Valerius Maximus Lib. I. Cap. 6. Livius Plinius Hist. Nat. Lib. II. Cap. 3.
7 Sabellicus Opp. Lib. I. Cap. 4.
8 Hist. de l'Acad. 1752. p. 10.
9 Philos. Trans. abr. T. X. p. 272.

ht vergessen, dafs beim Ausströmen der
s Spitzen sich Feuerbüschel, beim Ein-
r leuchtende Puncte an den Spitzen

testen Beobachtungen aus der neueren
RBIN[1]. Im Jahre 1696, erzählt dieser,
rend der Nacht ein schwarzes Gewölk
reckliche Blitze und Donnerschläge ent-
vor einem starken Sturme wurden die
es zeigten sich mehr als dreifsig Elms-
rn befand sich oben auf dem Windflügel
velches mehr als anderthalb Fufs hoch
welcher hinaufgeschickt wurde, um es
in Geräusch, als wenn angefeuchtetes
. Er sollte den Flügel abnehmen und
r hatte er ihn von der Stelle gehoben, so
weg, setzte sich auf die Spitze des
lbst ziemlich lange, bis es nach und
lrohte Sturm hatte weiter keine Folgen,
.

ch dieses elektrische Phänomen näher
die Wetterlichter nicht sowohl für ein
Elektricität aus der Wolke selbst oder
als vielmehr für eine Gegenwirkung
oder den Dünsten zerstreute Elektricität,
h Spitzen, die von einem elektrisirten
uft im Zimmer, besonders wenn viele
elektrisiren kann. Diese Vorstellung
ich, wenn nicht geradezu falsch, so
Wind ihre Fortdauer begünstigen soll,
ricität herbeiführe. Richtig dagegen ist,
sie sich nicht sowohl während der Ge-
ch deren Zertheilung zeigen und daher
ine gute Vorbedeutung betrachtet wer-
h ohne Gewitter bei feuchter und stür-
rden. Die eigentlich richtige Ansicht

le Forbin. T. I. p. 368. Hamb. Magazin.

n vom Blitze. S. 8 u. 170.

liegt aber darin, wenn er sagt, dafs ihre
daher rühre, weil zu ihrer Entstehung eine
tät in der Luft erfordert werde, die nicht
positive, vorkomme. Die Untersuchungen
tricität[1] ergeben, dafs dieselbe zwar meisten
fig aber auch negativ ist, Ersteres bei den
atmosphärischen Wasserdampfes, Letzteres
schlagene Dunst wieder in Dampfgestalt übe
die positive Elektricität der Wolken in Spi
dieses nur einen leuchtenden Punct geben,
beachtet bleibt, lockt aber die negative Elek
oder der Luft überhaupt die positive aus
verbundenen Spitzen an, so entstehn beim
ben Feuerbüschel. Diese werden leichter w
die wiederbeginnende Verdampfung zeigt
Niederschläge nebst den damit verbundenen
Stürmen an.

Von sonstigen Beobachtungen möge h
die von DE SAUSSURE und JALLABERT[2], w
gegenseitig die aus ihren Fingern und au
namentlich aus der metallenen Hutagraffe d
fahrenden Feuerbüschel wahrnahmen, die äh
und seinem Bruder, deren Hüte gleichfalls
ziehenden Gewitter viele solche Feuerbüsche
verschiedene diesen ähnliche Wahrnehmunge
lich ist die Beschreibung von ALLAMAND[5]
eines heftigen Gewitters seinen Regenschirm
Anziehung des Blitzes nicht zu öffnen wa
dem Regen aussetzte, dann aber das seide
seines Hutes leuchten sah, ohne dafs er d
Finger auslöschen konnte, indem vielmehr
seine Hand gelaufene Wasser gleichfalls leucht
schirm warf er von sich, als die Handhabe

---

1 S. Art. *Luftelektricität*. Bd. VI. S. 465.
2 Hist. de l'Acad. 1767. p. 33.
3 Lichtenberg Magaz. Th. V. St. 1. S. 111.
4 Philosoph. Trans. T. XLVIII. p. 210. M
p. 403. Ann. de Chim. et Phys. T. XVII. p. 305.
5 Aus Biblioth. univ. 1821 in G. LXX. 116.

r, als die Blitze nachliefsen, wieder, und
en Enden der Fischbeinstangen, nachdem
pannt hatte, die er aber von zu grofser
t genau genug beobachtete. GILBERT[1]
le ähnlicher Art mit. Der Chirurg JAMES
kehrte am 20sten Febr. 1817 gegen 9 Uhr
ück, und sah plötzlich die Ohren seines
h schien der Rand seines Hutes in Feuer
chher angefangen hatte zu regnen, ver-
den Ohren des Pferdes, am Rande des
r, als bis dieser völlig durchnäfst war.
g, schossen unzählige kleine Funken in
ch dem Rande des Hutes und den Ohren
iche Weise hatte man in der Nacht vom
ielen Orten der Ostküste der Vereinigten
Regen, Schnee und häufigen Blitzen, die
r begleitet waren. Die Personen, welche
Freien, an etwas hoch liegenden Stel-
len Rand ihrer Hüte, ihre Handschuhe,
und Mähnen ihrer Pferde, am Wege
einzelne Baumstämme u. s. w. von leb-
nd verschieden gestalteten Flammen um-
waches Geräusch hervorbrachten, ähnlich
ssers kurz vor dem Anfange des Siedens.
n vollkommen denen, welche sich im
ten Drähten zeigen. Bewegung schien
nstigen, und die Theilchen des Spei-
spuckte, wurden schon nicht weit vom
Vetterlichter an den Ohren seines Reit-
NICHOLSON[2] zugleich mit mehrern An-
des einen Pferdes schien sogar ganz in

e interessante Erscheinung dieser Art ist
CHELL[3] erzählt. „Ich kehrte Abends von

9. Ein Fall aus einem Berichte an die Wer-
Edinburg, ein anderer aus den Schriften der

LXIV. p. 351.
. Th. I. S. 368. Von mir entlehnt aus KÄMTZ

„einem Besuche zurück, welchen ich den M
„hatte, und als ich über die Wiese ging,
„elektrisches Phänomen, das ich nur ein ein
„nem Leben sah. Von jeder Himmelsgege
„auszugehn, die auf einander in sehr kurze
„ohne Donner folgten. Alles ringsumher
„einzelne schwere Regentropfen entfielen ei
„lich dichten und schwarzen Wolken. Plöt
„fast von einem glänzenden Schimmer, der
„gefahren zu seyn schien, und einen Aug
„jeder Grashalm, funfzehn Fuſs im Uml
„elektrische Materie entzündet zu seyn.
„fand statt, nicht das mindeste Geräus
„ren und das Phänomen äuſserte seine W
„aus keine andere Weise. Alles blieb
„setzte meinen Weg fort, ohne daſs die Er
„neuem gezeigt hätte. Das grobe Gras h
„einen Fuſs Höhe, und jeder Halm, so wi
„stark erleuchtet oder schien vielmehr zu b
„ter als 15 Fuſs konnte ich diese Ersche
„nehmen."

Frau von Laroche[1] erzählt, daſs sie v
welcher ihr die Maschinen zu Marly zeigte,
gesprochen gehört habe, daſs ein Sachversti
Sommertage in seinem Hause aufhalten mög
wöhnliches Feuerwerk zu sehn, indem di
an den Pumpenwerken alle mit kleinen Flam
die sich den Berg auf und ab bewegten. Eh
davor gewesen, jetzt aber stehe er allemal a
oder ein Gewitter im Thale herziehe, un
Schauspiel nicht zu verlieren.

Die beiden zuletzt erzählten Beobachtun
die Wetterlichter auch ohne wässerige Niede
zeigen, wenn Gewitter in der Nähe o
Erscheinung selbst vorhanden sind, die
Zeit mir bekannt gewordenen schlieſsen sich
gegebenen an, sofern die Erscheinung bei

1 Reise durch Frankreich. Th. I. S. 476. V
Bemerkungen vom Blitze. S. 8.

Nach der Erzählung von Mohr[1] ritt in
sten Jan. 1834 ein gewisser Dr. G. bei
hneegestöber untermischt in solcher Fin-
seine Hand nicht sehn konnte, zwischen
nem Walde, beide etwa $\frac{1}{8}$ Meile von der
ierst kam es ihm vor, als wenn Licht-
gen schwebten, bald darauf aber sah er
welche so lange anhielten, dafs er 20
g die Ohrenspitzen seines Pferdes sehn
ls einer Minute traten die Ohren dessel-
ervor, und ebenso schnell verbreitete sich
nzen Kopf und Hals, so weit diese nicht
eckt waren, im schönsten Glanze. Das
schüchtern zu werden schien, war nicht
l aber durch den Regen nafs. Die gleiche
h bei dem Pferde des hinterher reitenden
als wenn auf jeder längeren Haarspitze
gröfsere auf den längeren und fast un-
nen. Besonders schön, wie kleine Jo-
en diese Lichtpuncte auf den am Ein-
und der Ohren sitzenden Haaren, sel-
lse und nach dessen rechter Seite hin,
gten sie dem Laufe der Mähnen, wo die
n in den einzelnen Haaren eingeschoben
dem Kamme, vom Kopfe bis zum An-
wo die Mähnen links herabhängen, stan-
e Höhe, deren Spitzen alle mit diesen
tzt waren; am Schweife und an den übri-
e war nichts zu sehn. Die ganze Er-
s 6 Minuten und erlosch dann allmälig,
kam aber noch einige Male von kürzerer
illant wieder, bis sie gänzlich aufhörte.
die Form kleiner Flämmchen, glich
euchtholzes oder des Phosphors, sondern
anze, etwa wie die Funken des ver-
enden Papiers.

einstimmend hiermit ist die Erschei-
bend des 31sten Octobers 1837 dem Dr.

. XXXIV. 370.

Riegel[1] in der Nähe von Aschaffenburg da
war in der sehr finstern Nacht zu Pferde, und
heftigen Platzregen mit Sturmwinde überfalle
einige Minuten dauerte. Ein zweiter Rege
ihn und sein Pferd, und als er darauf in
fuhr, sah er, dafs die in die Höhe stehend
Pferdes, so wie die Ränder und Spitzen der
ten anfingen. Ebenso leuchtete die aus Bir
Spitze seiner Reitpeitsche etwa einen Fufs la
war am stärksten in der Mitte des Flusses u
er ans Land gekommen war. Riegel vergl
mit feurigen, auf den Ohren aufsitzenden Qu
es dem Scheine des Phosphors. Uebersprin
er nicht, auch bemerkte er keinen sonstige
genstand. Der Beschreibung nach, so weit
ziehung hinlänglich deutlich ist, wurde im
Leuchten durch einströmende, im letzten
Elektricität erzeugt.

Kämtz[2] ist der Ansicht, das Phäno
häufigsten bei heftigen Stürmen, und mehr i
Sommer, namentlich auch bei Hagel und Sch
für zeugen mehrere der erzählten Fälle, denn
ten fiel gleichzeitig in einiger Entfernung Hag
gestöber am 23sten Februar 1792 Abends z
die vielen Wetterlichter auf dem Thurmkr
evangelischen Pfarrkirche zu Hermannstadt[3].
sich kleine weifse, ins Bläuliche spielende
bald darauf der ganze Knopf besetzt war.
ein sehr vernehmliches Geknister, die Flamm
nahmen mit dem Winde ab und zu, und zu
Licht an den sogenannten Stiefel, welche
trägt und stark mit Blech beschlagen ist, s
Stiefel im lebhaftesten Glanze erschienen. Un
es auf zu schneien, und damit verschwand
Aehnliche Flammen zeigten sich auf dem
katholischen Pfarrkirche, auf welcher ein

1 Poggendorff's Ann. XLVI. 655.
2 Meteorologie. Th. II. S. 487.
3 Lichtenberg's Magaz. Th. VIII. St. 4. S. 1

päter, vermuthlich weil sie niedriger ist.
i vorherrschendem gelinden Wetter wurde
einem nächtlichen Marsche in Polen von
rme überfallen, dafs die Pferde angehal-
Dabei wurde es so finster, dafs die Rei-
ferde nicht sehn konnten. Augenblicklich
alle längere Haare, mit Ausnahme der
e, an zu leuchten und ebenso alle her-
Enden und Spitzen, als wenn sie mit
Leuchtkäfern überdeckt wären. Dieses
efähr 3 bis 4 Minuten während des hef-
hörte auf, als dieser nachliefs, worauf
uer folgte[1].

nd zahlreiche ähnliche Erscheinungen in
r starken Entwickelung der atmosphäri-
n Grund haben[2], geht aus ihnen selbst
t sich aber hauptsächlich dadurch, dafs
opfen, vorzugsweise aber die *Schnee-*
fallen. Unter anderm beobachtete Fors-
pril 1759 das Herabfallen leuchtender
nliche Phänomen sah man am Ende März
we - See in Argyleshire[4], ausführlich
ieben durch Lampadius[5]. Dieser nahm
hneegestöber am 25sten Januar 1822 am
n starken elektrischen Geruch wahr, und
Elektrometer ins Freie hielt, divergirten
dafs das eine derselben beim Anschla-
her Zeit hatte v. Trelau, welcher sich
ne starke Phosphorescenz (wie er dieses
t) der Zweigspitzen aller an der Strafse
genommen. Berührte er einen Baum, so
escenz fort, hörte auf, wenn er die
und zur Erde bog, trat aber sogleich
sie losliefs. Das Licht war bläulich-

Journ. N. XXII. p. 405.
ktricität. Bd. VI. S. 485.
db. Th. II. S. 78.
Journ.

weifs und sehr hell. Drei Bergleute, welc
Freien von dem Unwetter überfallen wurden
abfallenden Graupelkörner leuchtend, nahmen
wahr, da sie die Augen kaum offen zu halter

Dafs alle diese Erscheinungen vom Ueb
Luftelektricität herrühren, die in Folge der
dampfungen und Niederschläge bald positiv
unterliegt wohl keinem Zweifel. Ich kann
glauben, dafs auf diese Weise je ein eig
entstehn sollte, und würde dieses auch
nen, wenn nicht ein Fall dieser Art ange
wird nämlich erzählt[1], dafs am 8ten März 1
gen während eines starken Gewitters wegen
die Erde herabstürmenden Elektricität die Sp
einer ziemlichen Strecke Landes nicht nur le
auch bald in Brand geriethen und wie Li
fortbrannten, ohne dafs übrigens Menschen,
diesen brennenden Bäumen, durcheilten, dad
litten. Kein Sachverständiger wird hierbei
Brennen glauben, um so weniger, da dies
sich greifen und Spuren des Brandes zurückl

---

1 Schwäbische Chronik von Elben. Jahrg. 18
Schübler's Meteorologie. S. 153.

Wettersäule.

e, Wassersäule, Seehose,
te, Erdtrombe, Landwasser-
e, Windhose, Trombe; *Nu-*
umna, Praester, Turbo aqueus,
Haustrum hydraulicum, Draco
Trombe, Trombe de Mer, Trombe
Spout.

en verschiedenen Namen, wodurch man
mitunter höchst furchtbares, meteorolo-
zeichnet, scheint mir der gewählte, *Wet-*
ndste zu seyn; denn der gebräuchlichste,
n an sich nicht angemessen, da die An-
ers nicht nothwendige Bedingung ihres
wenn man gar von einer Landwasserhose
jeden Fall eine unpassende Bezeichnung,
men die Wasserwasserhose entgegenstehn
chnender ist der aus dem Französischen
Trombe, von der trompetenförmigen Ge-
der rein deutsche Name *Wettersäule* ist
Phänomenen vollkommen angemessen. Im
nämlich mit diesem Namen die schlauch-
n bis zur Erde, zum Meere oder über,
herablassenden, starke rotatorische Bewe-
e Axe zeigenden, Wasser und trockne
en, zuweilen aufhebenden und in ver-
en mit sich führenden, mit ungleicher
fortbewegenden Wolken, deren Gestalt
gekrümmt ist, und die mit ihrer unteren
oden nicht erreichen, zuweilen aber nicht
hn, sondern auch über dem Wasser
m ein Piedestal bilden. Sie grenzen sehr
turmwinde, und bei den letzteren, wenn

sie von verheerenden Gewittern begleitet und
gen, aber schmalen District beschränkt sind,
selten ungewifs, ob man sie nicht zur Classe
zählen soll. Es wird hier nur von den eigen
die Rede seyn, die ähnliche Verwüstungen an
gehören dagegen zur Classe der Winde.

Neuerdings haben drei ausgezeichnete Ge
Oersted [2] und insbesondere Peltier [3], diesen
nähere Aufmerksamkeit gewidmet; sie haben d
Erscheinungen zusammengestellt und Versuch
derselben hierauf gegründet. Mit Benutzung
Arbeiten werde ich zuvor die wesentlichsten
ausführlicher erzählen. Nehmen wir alle dieje
welche überhaupt hierzu gehören, so lassen si
ten unterscheiden: zur ersten können die bei
sich zeigenden Wirbelwinde gerechnet werde
Spreu, Blätter, Heu u. s. w. mit sich in die
zweite würden die auf dem Lande bis zur Be
herabgehenden schlauchartigen Wolken bilden,
dritte, die am häufigsten auf dem Wasser beoba
gentlichen scharf begrenzten Schläuche übergeh
Eintheilung streng beizubehalten, da es Beis
die über dem Wasser entstandenen Tromben a
gingen, ist es wesentlich, aus glaubhaften
besondere die ausnehmend grofsartigen Wirku
teore näher kennen zu lernen.

1) Zu den unbedeutendsten Phänomenen
ren die allgemein bekannten *Wirbelwinde* oder
an heiteren, zuweilen windstillen Tagen Staub
in stark kreiselnder Bewegung herumdrehn
mitunter beträchtlicher Höhe emporheben. Si
häufigsten, wenn einzelne Wolken sich am heit
finden, und werden als Vorboten naher Ge
sofern sie einen stark elektrischen Zustand der
deuten sollen; doch möchte ich sie nicht wei

1 Lehrbuch der Meteorologie. Halle 1832. Th.
2 Schumacher's Jahrbuch für 1838. S. 228.
3 Traité experimental de l'Électricité et du
Becquerel. Tome VI. Par. 1840. p. 173.

ls insofern diese auf heiteres Wetter und sich jene Wirbel vorzugsweise zeigen, pflegen. Ich selbst sah einst auf einer ier Wirbelwind, indem er über einige cht unbedeutende Mengen Heu in stets ıfhob und fortführte, bis sie durch ihre ıng nicht weiter sichtbar blieben. Ha- ei seiner Besteigung des Vesuvs im Juni e, wovon der eine, ihm am meisten n sonderbaren Geräusche eine Menge und hieraus eine spiralförmig gewun- e wirbelnd gegen den Berg Somma ge- brach und ihren Inhalt fallen liefs. In olche Wirbel sehr häufig und den Rei- ngenehm, sondern mitunter gefährlich. Folgendes. „In der weiten wüsten Ebene lwesten sahen wir in gewissen Entfer- staunlich hoher Säulen von Sand, die ewegten, bald mit majestätischer Lang- Zuweilen dachten wir, sie würden uns schütten, und es flogen auch dann und en Sand zu uns, bald zogen sie sich kamen uns fast ganz aus dem Gesichte.“ erher auch die Beobachtung von Burck- egypten einige reifsend schnelle Wolken r gelbem Ansehn einen heftigen Sturm ier alle Zelte, auch die stärksten, um- it aber sich legt oder vielmehr mit der Volken sind vermuthlich Sandwirbel, die hes, in der Ferne durch die reflectirten liches Ansehn haben.

beobachtete Stephenson[4] bei seinem in den Jahren 1831 bis 1834 in der von Sand, die sich bis zu 20 und so- ben und mit steter kreiselnder Bewegung

. p. 73. G. VI. 30.
. IV. S. 556.
Weim. 1820. S. 530.
835. Dec. in Bibl. univ. 1836. Nov. p. 155.

bis auf eine halbe engl. Meile weit fortrückten. Bar sah er sie sich bis 100 Fufs und darüber noch schnellerer Drehung um ihre verticale Axe. Febr. 1833 erhoben sich beim Einflufs der Soane ges zwei solche ungeheure Säulen von 12 Fufs bis in die Wolken, erhielten sich unter starker wegung einige Minuten, und wurden dann durch ten Windstofs zerstiebt. A. v. Humboldt[1] erz den Steppen des mittäglichen America's diese Sä häufig zeigen. Gleich dem Dampfe erhebt sich der Mitte eines verdünnten und vielleicht mit Ele ladenen Wirbelwindes, wie eine Wolke in Gestal deren unterer Theil gleich den Wasserhosen über streicht. Aehnliche Sandwirbel gewahrt man a auf den grofsen Strafsen, aber vorzugsweise wer Sandwüsten Peru's, zwischen Coquimbo und An Merkwürdig ist, dafs diese partiellen Luftbewegun dann zeigen, wenn die Atmosphäre vollkommen der Savanne von Apure stieg das Thermometer a C., sobald der heifse Wind von der Wüste sich der Mitte der Sandwolke erreichte es zuweilen auf 36° C. Vorzugsweise zahlreich sind ferner die in Indien[2], wo sie namentlich in der heifsen Jah gröfserem Mafsstabe, als bei uns plötzlich erschei schwinden. Sie heben Sand, Laub und sonstige per zu bedeutenden Höhen empor und bilden eine welche die dortigen leichten Dächer abheben grofser Schnelligkeit fortbewegen.

2) Bei weitem in den meisten Fällen besteht Lande ihre Verheerungen äufsernden Wettersäu Wolke, die bis zur Erde herabhängend und über Strecke schneller oder langsamer fortschreitend d der gewaltsamsten Sturmwinde hervorbringt, wä geringer Entfernung von der Grenze ihrer Bahn wegung wahrnimmt. Ein merkwürdiges Ereign traf nach der Erzählung von Lampadius[3] am

1 Tableau de la nature. T. I. p. 43 u. 177.
2 S. Sykes in Philos. Trans. 1835. p. 190.
3 Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie. 1

lainichen im sächsischen Erzgebirge. An
e der Wind häufig seine Richtung, meh-
aren schon vorübergezogen, als um etwa
ngefähr eine halbe Meile vom genannten
Wolke ein langer nebelartiger Schlauch
bald bis zur Erde herabliefs, bald wieder
ogen wurde. Dabei bewegte sich die
senkte sich wieder bis zur Erde und
er Schnelligkeit, von Staub und Verwü-
ner Breite von etwa 60 Schritt binnen 7
ne Strecke von ungefähr einer deutschen
s der Wirbel auf seiner Bahn traf, ward
seiner Grenze vollkommene Windstille
anderm sah eine Bäuerin zu Dittersdorf
benachbarte Scheune mit Geprassel ein-
om Winde zu empfinden. In Arensdorf,
ie Zerstörung durch Niedersinken des
nahm, wurden die Häuser oder deren
gewaltsamer aber wirkte das Meteor zu
las vor 6 Jahren neu erbaute Philippi'sche
eune in Stücken umher, verrückte die
merte selbst das massive Wohnhaus, mit
Flügels, den es jedoch um 3 Ellen weit
und die Fruchtböden mit Getreide wur-
Teich geschleudert, das Mauerwerk zer-
Gewölbe widerstanden der Gewalt nicht,
che, wo die Bewohner einen Zufluchts-
en. Das Federvieh wurde in der Luft
durch getödtet, doch fand man an den
Versengung. Auf dem nächstfolgenden
drei Seitengebäude und zwei einzelne
ch sich dann gewaltsam eine Bahn durch
Wald. In einer Breite von 60 Schritt
n Strauch verschont, sie wurden ausge-
n, und in einem Augenblicke war eine
hergestellt. Mehrere Bäume fanden sich
geschält, einige etliche hundert Schritte
rtgeschleudert. Auch über Etzdorf un-
Rofswein erstreckte sich die Verheerung,
niedergerissen, andere abgedeckt und

mehrere in der Strecke stehende Bäume, unter Eichen und Linden, ausgerissen oder zerbrochen wirbelnde Bewegung liefs endlich nach und di zerstreute sich, nachdem sie unter andern einen seinen zwei Pferden aufgehoben und ersteren in wege, letztere in ein nahes Gesträuch geschleud

3) Die Beschränkung auf einen schmalen St lich das wesentlichste Kennzeichen, wodurch si säulen auf dem Lande von manchen ihnen a Kraft sehr nahe kommenden Sturmwinden unt entwurzelte einst ein wirbelnder Sturm in Su auf einer nur 60 Ruthen breiten Bahn alle Bä über diese Grenze hinaus nicht einmal die Bl wurden[1], und als ein solcher auf Malta Kanon von ihrer Stelle rückte, rifs er zugleich auf d rondelle den hinteren Mast ab, liefs aber den Flaggenstock unversehrt[2]. Eine am 27sten Juli bach im Bunzlauer Kreise tobende Wettersäul Scheunen und Häusern ihre Dächer, zerstörte gänzlich, und führte eine Menge Geräthschafte kannen, Stühle, Kleider, Betten u. s. w., bis weit in den stark verheerten Wald[3]. Hiernach nicht wundern, dafs manche Wettersäulen an d ihre wirbelnde Bewegung endigt, die verschiede zen fallen lassen. So erzählt Lalande[4] von e Nuova im Venetianischen beobachteten Trombe, etwa 600 Fufs hohe schlauchartige, bis zur Erd Wolke nur langsam und mit starkem Geräusche cis der Stadt fortrückte, ein grofses Haus abdec störte, nach und nach Blätter, Sand, Steine u abfallen liefs, endlich aber von einem Halbmo halten sich auflöste und sich der im Wirbel Gegenstände entledigte. Die fortschreitende Wettersäulen ist oft sehr schnell und sturmwind berichtet, dafs ein solcher, auf eine geringe Brei

---

1 Annals of Philos. 1818. Juni.
2 Mémoires de Paris. 1758. p. 19.
3 Kastner's Archiv u. s. w. Th. III. S. 450.
4 Journal de l'Empire. 1806. G. XXVII. 475.

Theile spaltete und nachher wieder ver-
en erwähnten dagegen war die Bewegung
und in einem andern Falle fehlte das Fort-
Mehr den heftigen Gewitterstürmen nahe
leteor, welches dem oben erwähnten zu
m 16ten Juli 1806 das Dorf Schweigers-
ode am Harze traf[2]. Am Morgen dieses
ch nach einigen schon vorhergegangenen
etwa 15 Minuten unbeweglich standen,
em ersten eine schwarzgraue Wolke und
vom zweiten eine hellröthlich gemischte
herabsenkte. Beide vereinigten sich und
bis 30 Fuſs über die bestellten Lände-
ie sich nach dem Dorfe wandten und in
3 Häusern das zweite Stockwerk nebst dem
Im Ganzen wurden 42 Häuser mehr oder
und 600 Obstbäume und Eichen aus der
bgebrochen, darunter einige von 18 bis 24
die an der Wurzel abgeschnitten zu seyn
n aus gesundem starkem Holze vor 6 Jah-
nse, 95 Fuſs lang und 40 Fuſs breit, wurde
heil weggerissen und der stehen gebliebene

grofsen Seltenheiten ist zu zählen, wenn
nicht bewegt. Dieses war indefs der Fall
n Wettersäule zu Blanquefort unweit Bour-
87. Die Wolken schienen sich von allen
tes her in einen Punct zu vereinigen und
nbeschreiblicher Geschwindigkeit gegen die
unct dieses Wolkengebirges, welches all-
nes abgekürzten Kegels annahm, hatte ver-
Der entstandene Kegel drehte sich, haupt-
unteren Theile, unglaublich schnell um
sich endlich gegen die Erde, und reichte
Wolken hinauf. Aus seinem oberen Theile

n. of Philos. 1818. N. LXVI. p. 442.
tung 1806. St. 38. in G. XXVII. 474.
Journaux 1788. Févr. in Gotha'sches Magaz.

fuhren Blitze, die von dem unteren ange
schienen. Die Gewalt des Wirbels war fürchte
Dächer von den Häusern und rifs einen gro
lose Wurzeln gehaltenen Baum aus der Erde.
theilte sich das Meteor an der nämlichen S
es entstanden war, und die Umgegend litt
davon.

Nicht schneller als die gewöhnliche Be
ken war die eines Schweifes, der am 18
zu Athlone in Irland aus einer Wolke bis
absenkte, mehrere grofse Baumstämme zerbr
Fufs weit fortschleuderte, Heuschober durc
führte, so dafs man nie wieder eine Spur v
Dach von einem Hause abhob und in 1,5
zertrümmert wieder fallen liefs[1]. Der Sch
Gestalt und Farbe, war bald gerade, bald g
Zeit schwarz und dunkel, zur andern hellb
einem dichten Nebel umflort.

Die grofse Gewalt und wirbelnde Bew
tromben geht auffallend aus der Beschreibung
hervor, welche die zu Atnsdorf in Schlesi
1820 anrichtete[2]. Man hatte daselbst eben
che ausgespannten etwa 100 Schock weifse L
als nach 12 Uhr eine Trombe so viel Staub
das Tagslicht in dicke Finsternifs überging.
die Fenster des Bleichhauses ein, rifs die T
aus ihren Angeln und warf einen grofsen L
dafs die Räder zu oberst gekehrt waren.
äufserten sich die Wirkungen der Trombe
wand. Diese wurde emporgehoben, in mehr
wickelt, das gröfste von diesen aber mehr
über das an sich bedeutend hohe Dach des
geführt und 150 Schritte weit in einen Grab
Strauchwerk geschleudert. Dieses Knäuel w
geschlungen, dafs es viele Zeit und Mühe e
wieder zu entwirren. Es bestand aus 27 Sch
nafs 23 Pfund wog, in der Mitte aber ste

1 Aus Leipz. Zeit. 24. Aug. 1822 in G. LXX
2 Aus Berliner Zeitung in G. LXXIII. 109.

und 11 Zoll breite Bohle, die als Steg
n gedient hatte; diese und die um sie
tte der Wirbelwind hoch über das Dach
it fortgetrieben.

ne wurde zweimal durch eine verhee-
ffen. Im November 1780 entstand die-
r Aude, hob eine grofse Menge Sand
öhe, deckte 80 Häuser ab, hob die
nd zerstreute sie weit umher; sie rifs
führte dicke Zweige derselben bis 20
rer Bewegung entgegengesetzten Rich-
ist die Angabe, dafs im Schlosse, wo
eingedrückt wurden, der Fufsboden eines
n soll, ohne die nebenstehenden Steingut-
Noch weit interessanter und vielleicht
in Europa bekannt gewordenen Tromben,
t nicht übertrieben ist, war diejenige,
on Carcassonne am 26. Aug. 1826 traf[3].
erstickend heifser Südwind, gegen Mit-
n im Westen an, und es erhob sich
rauf sah man in verschiedenen Richtun-
ich aufhäufen, zusammenstofsen und zur
würden sie durch diese angezogen. Von
neben einem dumpfen Getöse den Don-
Thiere sich verkrochen, als sich plötz-
Krachen im Westen vernehmen liefs.
t wurde mit ausnehmender Geschwin-
le Wolke gezogen, die das sogenannte
d im Augenblicke der Vereinigung hörte
tion und gewahrte eine feurige Säule,
Alles auf ihrer Bahn entwurzelte. Ein
Jahren wurde im Kreise herumgedreht,
pf an einem Felsen zerschlagen; ebenso

e 1780. Nov.
mbre fut dépavé, sans que des tas de faïence
dérangés.
en Sept. Der Beschreibung nach hatte das
mit den *Typhons*, *Tornados* und *Hurrica-*

wurden 14 Schafe in die Höhe gehoben
Trombe, eine Luft- und Feuersäule genan
um, verrückte grofse Felsstücke, rifs die
drang in das Schlofs, stürzte die steinernen
weges um, zerbrach die Thorflügel, rifs der
von hier in den ersten Stock, von da durch
zweiten, gelangte so zum Dache und stür
mit schrecklichem Krachen zusammen. Da
Saale befanden, verdankten ihre Rettung ein
fsen Balken, welcher eine Art Gewölbe
Die Trombe drang in ein Kreuzgewölbe unte
eine Scheidewand um, hob den Fufsboden
Meubeln, warf die Bettstellen um, öffnete d
drang eine dicke Mauer und warf die Brüch
hob eine Buche von fünf Fufs Umfang mit
warf die Wagen in den Graben, entwurz
Nufsbäume und Weinstöcke und rifs tie
Boden. Das Meteor liefs einen auffallen
zurück und entlud sich in einem starken
Himmel sich aufheiterte und der Wind aus

Dafs ein Schwefelgeruch mit den Wet
sey, wird oft erwähnt, allein es unterliegt
fel, dafs dieser der bekannte elektrische se
nannt wird, und bei derjenigen Trombe, w
1729 bei Montpellier hauste[1], heifst es au
ein Schwefelgeruch wahrgenommen worden,
welcher die vom Blitze getroffenen Orte zu in
bemerkte zuerst in SO., woher der Wind
sehr dunkle Wolke, die begleitet von ein
näherung zunehmenden, dumpfen Geräusche
kam. Sie senkte sich bis zur Erde herab,
grofsen Feuer aufsteigenden Rauchwolke glei
sich sehr schnell mit einer wirbelnden Bewe
sen im Durchmesser, wobei sie Bäume en
abhob, Häuser umstürzte und die Bruchstück
fortführte. Nachdem sie diese Verheerung
halbe französische Meile in einer Breite vo

1 Mém. de l'Acad. de Par. An. 1729.

zerstreut hatte, folgte ein heftiger Regen
r.

ehung merkwürdig ist die Wettersäule,
85 bei Esclades, 4 Lieues von Narbonne,
war der Himmel ganz heiter, aber die
um 7 Uhr Morgens 36°,25 C. bei 335
als sich im Westen eine kleine, bald
eigte. Der Himmel bezog sich stärker,
d im Westen eine rauchartige brausende
enormen Höhe auf die Erde herabhing
Wege zerstörte. So bewegte sie sich 5
ebenso lange still zu stehn und ging
rts. Das Geräusch glich einem anhaltend
sie sich über Esclades in einen starken
n überschwemmender Regen folgte. Das
nzen 45 Minuten, und während dieser
neter auf 40° C., das Barometer auf 337

zählungen völligen Glauben schenken, so
l beschriebene Landtrombe zu den bei
Phänomenen dieser Art [2]. Am 6ten Juli
Arbeiter auf einer Ebene des Dorfes
ilen von St. Omer und ebenso weit von
eintretende Dunkelheit, die einen hefti-
nte. Von allen Seiten kommende Wol-
ber ihnen zu einer einzigen dicken und
er ein dichter Dampf, blau, wie ver-
n Gestalt eines umgekehrten Kegels her-
s an der Wolke festhängend. Der un-
s, welcher sich mit grofser Schnelligkeit
n der Wolke abgelöste, etwa 30 Fufs
die auf die Erde mit dem Getöse einer
Bombe aufschlug und an dieser Stelle
n Umkreise haltende Vertiefung von 3
efe zurückliefs. Etwa 100 Schritt von
Richtung von W. nach O. brach der

[2] Toulouse. T. III. p. 115.
orsel in Edinburgh Philos. Journ. N. XXII.

Wirbelwind eine Hecke zusammen, warf
und erschütterte das fest gebaute Haus als
Gegen 20 bis 30 Bäume lagen so umhergest
drehende Bewegung deutlich daraus erkenn
kleinere waren in die Höhe gehoben und
oder 70 Fufs Höhe in den Zweigen höherer
an schritt das Meteor bis zu einer Entfernu
französischen Meilen fort, ohne den Boden
aber mit Geräusch abwechselnd Baumzweig
Als es die Anhöhe des Waldes bei Fauquem
brach es die Kronen mehrerer Eichen ab u
das Dorf Vendome am Fufse des Hügels
daselbst keinen weiteren Schaden an, als
grofsen Ahornbaum mit der Wurzel aus
Schritte weit forttrug. In der Gestalt einer
die Erde berührte, bald sich wieder über die
das Meteor zum Dorfe Audinctan fort, wo
warf und einige Bäume ausrifs; von da erh
nen Hügel, de Capelle genannt, wo es meh
raschte, die sich sofort niederwarfen und an
hielten, um nicht fortgerissen zu werden.
war so tief in die Erde gedrückt, dafs drei
herausbrachten und man ihn mit einer Hacke
Nach der Beobachtung dieser Arbeiter war d
rund, der verticale Durchmesser betrug ung
horizontale 20 Fufs, und seine Drehung um
war ausnehmend schnell. Aus demselben fu
rige und Schwefeldampfkugeln aus, die zug
warfen, welche auf beträchtliche Entfernung
ren. Dasselbe machte zugleich ein Getös
schwerer Wagen schnell über ein Steinpflast
Ausbrüche von Feuer oder Dampf hörte man
wie einen Flintenschufs, und zugleich veru
Wind ein schauerliches Geräusch. Indem
einer Stelle die Erde aufgerissen und alles
leistete, umgeworfen hatte, erhob er sich v
einer oder zwei franz. Meilen Entfernung wi
und seine Verheerungen zu erneuern. So g
den Berg Capelle verliefs und in gerader R
weiter zu Hernies St. Julien etliche Heuh

Von hier bis Witernesie, drei Meilen weit,
iteren Schaden, als dafs er auf der Spitze
Korn auf einer Fläche von 30 Morgen ver-
selbst blieben von 40 Wohnhäusern nur
ber, zusammt ihren Scheunen, wurden um-
t einer Menge ausgerissener Bäume weit fort-
bemerkte man, dafs die Wände der Häuser
en gedrückt waren; ebenso zu Lambre, wo
Verheerung zeigte und die Einwohner zu-
Bewegung des Meteors, seine dunkle Farbe
iner Flamme wahrnahmen, aus welchem die
ligen Dämpfe ausfuhren. Die Bäume um
mit den Wurzeln ausgerissen und 18 Häu-
gebrannten Steinen erbaut, bis auf den Grund
gleichfalls der merkwürdige Umstand zeigte,
ach aufsen gedrückt schienen. Vom Dorfe
sich der Wirbelwind in zwei Theile; der
in der Luft, der andere, welcher einer von
winde fortgetriebenen Wolke glich, gelangte
entfernten Stadt Lillers, wo er gegen 200
l sich dann gleichfalls zerstreute. Hierauf
klar, der Donner, welchen man von allen
ontes gehört hatte, endete zugleich mit dem
es folgte heiteres Wetter.

ei der Beschreibung dieses Meteors ungewifs
für eine Landtrombe oder eine ungewöhn-
tschreitende, in eine mächtige Dunstmasse
ngel zu halten sey, so gehört unzweifelhaft
Jahre am 24sten Juni zu Scarborough beob-
n Classe. Nach den Aussagen von mehr als
giebt John Dunn[1] folgende Beschreibung.
gegangenen Gewitter bemerkten die Arbeiter
r eine dunkle Wolke, mit welcher sich alle
nigten, worauf die ganze Masse in starke
nd von einer dickeren oberen Schicht eine
n die Erde herabzusenken schien. Es bildete
ule, die in der Richtung von NNW. mit so
tschritt, dafs sie zwei starke Ulmen, von un-

[1] Phil. Journ. N. XIX. p. 11.

gefähr 4 Fufs Umfang, die eine mit der W
andere über dem Boden abbrach. Der Ab
von einander betrug 28 Schritt, woraus si
des Fufses der Säule schliefsen läfst. D
schreiten getroffenen jungen Bäume blieben
unversehrt, vermuthlich weil sie biegsam w
ringe Oberfläche darboten; dagegen warf d
schreitende Wolke eine am Strande aufgest
in die See und zertrümmerte sie. Bei ih
Meere warf sie den Sand bis 60 Fufs in d
ganze Reihe der Badehäuser um und trie
Wegreifsung des Daches und der Räder, in
belwind stürzte sich hierauf zwischen die
den Schaum des Wassers bis zu den Spitze
sten empor, warf die Lichterschiffe durch e
8 bis 10 Fufs in die Höhe gehoben wurde
selben mit Wasser, rifs einige Briggs von
drang dann in den Hafen ein, drehte einen
beträchtlicher Geschwindigkeit um, hob
Gegenstände in die Höhe, und brach sein
einem Haufen Bauholz, worauf er in schne
über eine Batterie wälzte und in die We
verschwand.

Einige hielten das Meteor für eine W
dasselbe blofs auf dem Meere sahen, allein
her auf dem Lande als eine dicke, schn
säule; die See war aber ruhig, bis die
stürzte, und obgleich die Fläche des aufger
80 Ellen im Durchmesser hatte und der
Fufs hoch emporgeschleudert wurde, so w
terer Entfernung doch vollkommen ruhig.
Schlauches war so grofs, dafs einige Pers
Rauchsäule hielten, am meisten glich er a
Brauhause oder einer Dampfmaschine aufs
Die Geschwindigkeit des Fortschreitens lä
ermitteln, war aber sicher nicht gröfser, als
Menschen, und das erregte Getöse glich
schwer beladenen Wagen. Blitze und überh
scheinungen wurden dabei nicht wahrgenom

Ursache dieser Meteore in der Elektricität

uns vorerst noch an die dem Lande eigent–
omben, so verdient auch diejenige erwähnt
rch Pellis[1] zu Flaujagues bei Ste. Foy in
ten Juli 1835 beobachtet wurde. Während
u regnen, bildete sich eine schwarze Wolke,
re seitwärts stürzten und die eine sicht–
gung zeigte. Bald darauf senkte sie sich
chräge Richtung an, gelangte bis auf den
sich durch den Wind getrieben binnen 20
trecke von einer französischen Meile, wo–
Dordogne passirte. Als sie diesen Flufs
iberschritt, senkte sich ihr unterer Theil in
e zog sich in die Höhe und wurde vom
. In der Wolke glaubte Pellis zwei
ne aufsteigende und eine herabsinkende,
rifs auf ihrem Wege alles mit sich fort
rn 24 aufgehäufte Korngarben auf, von de–
r gefunden wurde. Auf dem Strome stürzte
gegen den Andrang des Wassers befestigte
e auf einer Strecke von 50 bis 60 Meter in
is 10 Meter alles, was ihr im Wege stand,
ume aus, brach sie ab oder drehte sie um
kleinen Hause das Dach ab, welches in
n etwa 100 Schritten in einzelnen Stücken
fiel. Die Wolke glich einem dicken Rau–
keinen Tropfen Regen fallen.

achtung verdient die Trombe, welche am
weit der Mündung der Mosel kurzdauernde
tete[2]. Ueber der Wasserfläche des Rheins,
eil der Stromesbreite einnehmend, bildete
bende Wolke, die einer hohen Wassersäule
spitz zulief. Sie erhielt sich fast 10 Mi–
prallte dann bei Ehrenbreitstein gegen das
zu einem Staubwirbel, der einige Bäume

et Phys. T. LXI. p. 174.
lättern. Frankf. Zeit. N. 123. Genau beschrie-
ggendorff's Ann. XXVI. 231.

ausrifs und eine Partie Wäsche in die Höh
einen geringen Raum beschränkt, drückte sie
Thüren und Fenster ein, führte ein Dach etwa
einzelne Schiefer eine Viertelstunde weit fort
Rahmen mit ausgespannten Häuten, jeder 43 P
den Rhein und die Mosel, und manches G
Speichern verschwand, ohne dafs man wufste,
kommen war. Unter andern wurde in einer G
ster eingedrückt und ein Pfahl ausgerissen, die
von stehenden Arbeiter empfanden aber nich
leichten Windstofs. Ein Mädchen mit einem
aufgehoben, aber von ihrem Begleiter festgeha
dagegen, welchen sie auf dem Kopfe trug, rifs
fort und führte ihn in den Rhein bis auf ein
messbreite. Es folgte später ein nicht eben bed
schauer.

5) In heifseren Gegenden, namentlich in den
von Nordamerika, wo die Temperatur höher und
Temperaturen stärker ist, daher auch Stürm
zahlreicher und heftiger sind, als auf dem eu
lande, zeigen sich ohne Zweifel auch zahlre
die jedoch minder allgemein bekannt werden.
Hare[1] über eine Trombe, die am 19ten Juni
Meilen von New-Brunswick beobachtet wurde
Bericht abgestattet[2]. Sie bewegte sich mit

---

1 Aus Americ. Journ. of Sc. 1837 April. In Bibl
p. 157.

2 Die Wirkungen, welche diese Trombe angericht
nau und von verschiedenen Forschern untersucht wor
anlassung zu einem Streite über die eigentliche Besc
kungsart dieser Meteore gaben. Redfield vertheidigt
solche Stürme eine wirbelnde Bewegung haben und
rotirende Bewegung bei den auf dem nördlichen
vorkommenden Stürmen von der Rechten nach der
sey. S. Amer. Journ. of Sc. cet. T. XXXV. p. 206.
Bache in Trans. of the Amer. Phil. Soc. T. V. p.
und Walter R. Johnson in Journ. of the Academy o
of Philad. T. VII. P. II. die wirbelnde Bewegung,
genannten Trombe, in Abrede, und unterstützten
welcher durch Niederschlagung von Wasserdämpfen
den und die so erwärmte, zugleich aber verdünnte

30 engl. Meilen in 1 Stunde, endete aber
ilen von ihrem Ursprunge an zu Amboy.
r eines umgekehrten Kegels, welcher mit
Wolken hängend die scheinbare Höhe von
e hatte. Das Meteor rifs in einer Breite
s alles um, was ihm im Wege stand, so-
h Häuser, mehrere Dächer wurden abge-
lles geschah während einer Zeit von we-
m unter andern die Gebäude und Bäume
rgerissen wurden, während der Besitzer
Blitze und Donner, insbesondere aber ein
leiteten das Meteor, alle umgestürzte Ge-
Koth von der Seite her überschüttet, von
Blätter aller biegsamen Gesträuche fanden

wärts gerichteten und zugleich fortschreitenden
nn die verheerenden Wirkungen der Sturm-
Hiergegen erklärt sich Redfield in Lond. and
114, sucht seine Hypothese zu vertheidigen,
enge Argumente, die hauptsächlich aus der
ung der bei der in Frage stehenden Wetter-
welcher am 15ten Dec. 1839 gleichfalls zu
erheerungen anrichtete, umgestürzten zahllosen
gend nach, dafs sich allezeit bei diesen Me-
ewegung zeige, aus welcher sich dann der
renden Wirkungen erklären lasse. Ohne hier
tzutheilen, die durch eine grofse Menge an-
hinreichend begründet sind, wird die allge-
n, dafs schon der Natur der Sache nach alle
der Erde hinfahrend auf unüberwindliche oder
nde Hindernisse treffen, keine rein fortschrei-
en können, sondern eine zugleich wirbelnde
nach ist eine scharfe Grenze zwischen Sturm-
an sich nicht möglich; man nimmt aber, um
nde Unterscheidung einen genügenden Grund
nicht allgemein an, dafs bei den Stürmen die
Wettersäulen die rotirende Bewegung die vor-
die bezeichnende sey. Die Classe der Wet-
nit den nur wenig oder gar nicht fortschrei-
ndigt mit den schrecklich verheerenden, un-
itenden Orkanen, die Classe der Winde dage-
zugsweise gerade fortschreitenden Luftbewe-
en Orkanen, bei denen eine starke Drehung
den nicht fehlen kann, so dafs daher der Un-
Extremen verschwindet.

…schädigt. Von vier verwüsteten Ort… …stände nach einem gemeinschaftlichen Cent… …Strichbeutel wurde 7 engl. Meilen, ein… …New-Brunswick fortgeführt[1].

(i) Die Mittheilungen von PELTIER[2] übe… …treffen nicht blofs die einfachen Phänome… …gewährt darin augenscheinlich das Bestreben… …Erklärung derselben. Nicht nach eigener An… …nach dem Berichte eines Augenzeugen erzähl… …den Fortgang und die Auflösung einer Lan… …(8ten Juni 1839 in der Commune Chatenay… …(Oise) grofse Verheerungen anrichtete. Um… …kam ein Gewitter von Süden und blieb einige… …und Donnern über Fontenay stehn, bis um… …nachfolgte, welches gleichfalls stehn blieb,… …obere erreicht hatte. Plötzlich senkte sich… …letzterem herab, bis auf die Erde. Hiermit… …auf, aber alle leichte Körper von der Oberflä… …den angezogen, und eine Menge kleiner W… …schnell kreiselnd um den Schlauch. Einer de… …eines DUTOUR, will gesehn haben, dafs d… …mit einer feurigen Kappe endigte, ein ande… …erregten Staub eingehüllt, gewahrte dieses ni… …Fall würde es für etwas Aufsergewöhnliche… …Die Trombe bewegte sich langsam, verschont… …die sie beim Vorübergehn nicht berührte, z… …zelte aber die von ihr ergriffenen Bäume, sta… …gabe nach 10 Minuten lang still, gerade dan… …das erste Gewitter kam, zerstörte dann ab… …Bahn liegende Villa mit einem Park, wobei … …noch sehr biegsamen Bäume verschont bliebe… …um und nahm die Dächer der Häuser fort, … …ne über 100, leichtere Sachen bis 500 Met… …urden. Endlich theilte sich der Schlauch… …ren einer in die Höhe stieg, der andere si…

---

1 Da die Trombe überhaupt nur 17,5 Meilen… …r Beutel noch gegen drei Meilen weiter fortgetra…

2 L'Institut. 7me Ann. N. 290. p. 242. Ein… …von BOUCHARD. S. Compte rendu cet. 1839. Nov. 1…

merkenswerth ist, dafs der Erzählung nach
ien Teich hinstrich, dabei viel von der
kung verlor, aber alle Fische tödtete. Die
rde übrigens durch genauere Erkundigung
man eine in den Teich fahrende elektri-
rkt haben, wovon PELTIER das Tödten
Ueberhaupt sind nach seiner Ansicht alle
chen Explosionen begleitet, und die Wir-
lem Lande und auf dem Wasser hervor-
er besseren Leitung, welche letzteres der

ELTIER weiter über dieses Phänomen be-
schein nach nicht mehr reine Thatsache
ien Ansichten vermengt, und würde sich
n, erst später erwähnt zu werden, wenn
einer Erklärung dieser Meteore die Rede
Meinungen, welche PELTIER hierüber
von den Ansichten der übrigen Physiker
ich hier vorläufig erörtern können. Es
alle Bäume, die durch die Trombe ge-
rocknet gewesen wären, wie wenn sie
iem Ofen von 150° C. befunden hätten.
Verschwinden (Verdampfen) der Feuch-
ller Stämme in Latten gespalten. Durch
Elektricität soll die Temperatur erhöht
chtigkeit verdampft seyn, weswegen die
elektrischen Leitern gemacht und zer-
issen wurden. Nach PELTIER's Ansicht
ewitter in eine Trombe; die elektrische
itters stiefs die Wolke des zweiten Ge-
h daher senkte und durch Staub, Bäume
in Verbindung kam, wobei der Saft der
ne Hitze sogleich verdampfte. Man will
ballen und Funken als Begleiter dieses
nicht minder einen Geruch nach Schwe-
hrgenommen haben. Hiernach wäre also
s anderes, als eine Wolke, welche die
hen Ladungen einer oberen leitet, und

. p. 272.

jedes Gewitter könnte durch eine solche Zwis
Wettersäule übergehn.

7) Einige weitere Modificationen dieser
nung Peltier's sollen später (§. 35) erwähn
tiger dagegen ist eine Berechnung der Kraft,
tersäule ausübte, worüber ich kaum irgend
gabe finde. Lalanne[1] berechnet, dafs zum
nen zerstörten Mauer eine Kraft von 300 K
ein Quadratmeter Fläche erforderlich gewesen
der Wind 150 Meter Geschwindigkeit in ein
beträgt der Druck nur 281 Kilogramme,
Winddruck kann daher nicht gröfser als zu
angenommen werden. Hiernach glaubte er,
Wettersäule ein Luftvacuum gewesen seyn,
1000 Kilogrammen Druck gegen eine Fläch
dratmeter erzeugt werden könne. Ich the
mit, ohne in eine Prüfung derselben einz
Thatsachen nicht genugsam bekannt und nic
gründet sind; von der Kraft der bewegten
Wind die Rede seyn.

8) Wettersäulen, die zunächst dem Lan
gleich aber auch das Wasser grofser Flüsse b
sehr selten; zwei solche sind durch Nöggerat
den. Die eine derselben zeigte sich am 4. A
derwesseling unfern von Bonn[2]. Gegen M
sahen die Bewohner jener Gegend gegen Südv
Wolke, die sich stets tiefer zur Erde hera
welcher im Verlaufe der Zeit ein ziemlich b
weifsgrauer Streifen herabhing, welcher nach
terförmig erweiterte. Die Farbe dieses unte
schied sich kenntlich von der den Streifen
schliefsenden Wolkenhülle; auch beobachtete
schnelle Umdrehung der trichterförmigen Erv
verticale Axe. Einem etwas entfernten Beob
Ganze als ein dichter Nebel oder ein von ei

1 L'Institut 7me Ann. N. 293. p. 270.

2 Kastner's Archiv. Th. III. S. 52. Es ist in
dig, dafs gerade in jener Gegend am Rhein so vie
kommen.

veifser Farbe, dessen Breite über der Erde schätzte und der in einer Höhe von etwa ze auslief. Auf seiner Bahn von SSW. s Meteor die auf den Feldern liegenden h, aus welchem nachher mehrere Tausende wurden. Die Bahn krümmte sich etwas sseling zu, vor welchem der Wirbel die garben in einer Breite von 40 bis 50 Fufs umherschleuderte, dann aber, im Dorfe m Getöse, welches dem Gerassel schwer h, gegen die Zäune und Häuser warf, wo die Straſsen sperrten. Aufserdem wurden ädigt und 6 gänzlich zerstört, fest ver- den und Fenster aufgerissen, eiserne Be- r abgerissen, eine 80 Pfund schwere ei- m Schornsteine 12 Schritt vom Hause weit e Scheune gänzlich zerstört, viele Bäume ausgerissen, theils abgebrochen und zwei naben ins Wasser geschleudert, die nur nden Hülfe ihre Rettung verdankten. Im e Wettersäule bis zu 250 Fufs aus, über aber herrschte gänzliche Windstille. Die em Dorfe geschahen in einer Zeit, die man s 4 Minuten schätzte. Vom Dorfe aus r den Rhein, und hier zeigte sich in der n prachtvoller Anblick, indem die unge- bels das Wasser bis zu 24 Fufs tief gleich- dafs man den Boden des Flusses sehn e Wellen daneben sich gegen 40 bis 50 en. Der früher bemerkte weifslich graue s der Wolke herabhing, war auch noch geben kenntlich, unten breit, nach oben d zuletzt in den Wolken sich verlierend. vegte sich das Meteor mit geringerer verhee- a eine halbe Meile weit fort und verschwand e Schlauch zusammt seiner schwarzen Wolke n zerfloſs. Nöggerath bemerkt hierbei ganz Meteor in drei Beziehungen beachtet zu st sofern seine Gestalt die umgekehrte der weitens weil die Breite desselben wechselte,

und drittens indem die Gleichheit der auf d
Wasser sich zeigenden Wettersäulen daraus

9) Die Beschreibung des zweiten Mete
che Nöggerath[1] mitgetheilt hat, ist um s
von Grossmann, einem mit den physikalis
trauten, aufmerksamen und genauen Beobac
vorausgegangener, mehrere Tage anhaltender
trotz einiger Regenschauer nicht gänzlich n
am 25sten Juni 1829 an dem nach einer
Regen noch bedeckten Himmel in einer sch
runde lichte Masse, die nach oben die G
steins annahm, aus welchem ein grauweifs
reren Oeffnungen mit grofser Gewalt auszust
Meteor bewegte sich nach der Mosel hin, u
ten Ufer dieses Flusses gleichsam neu entst
es seine Verheerungen begann; es warf d
aufgehäuften Steinkohlenmassen durch eina
Arbeiter von einem Kalkofen herab und üb
schrecklichen Geprassel, als wenn viele St
geworfen würden, die Mosel, wobei das
empor spritzte. Jenseit des Flusses liefs es
ges zurück und warf einige Weiber ohnmäch
Arbeiter beobachteten seinen Gang von eine
sie erstiegen hatten, ein anderer war dreis
zu folgen, was beinahe im gewöhnlichen Sc
allein wegen der zickzackförmigen Beweg
plötzlich in demselben, und es war ihm
bald ihn fortziehn, bald in die Höhe heben
sich auf ein Werkzeug stützend gebückt hat
lings zu Boden geworfen und auf diese
Ganzen bemerkte er weder einen Geruch
sondern blofs das betäubende Gerassel; mit
aber zwei Bewegungen wahrgenommen haben
fer Richtung nach oben gehend, wodurch
Körper fortgezogen wurden, die andere
setzt.

Dieses letzte Meteor war von dem zu
schieden, und es ist nicht unwichtig, da

---

1 Schweigger's Journ. Th. LVI. S. 372.

Das zuletzt wahrgenommene hatte die
8 Schritten und durchzog eine Länge von
; seine Gestalt war nahe kegelförmig, seine
veifs, bald gelblich, bald dunkelbraun und
Das erste Meteor stand über diesem in der
fast parallel mit ihm gegen Norden, stiefs
linuten eine Menge graulichweifsen, zuwei-
s aus, der aus einer Entfernung von etwa
sehn die Gestalt einer 140 Schritte langen
eren Kopf nach NNO. und deren Schwanz
t war. In einer Zeit von 8 bis 10 Minu-
Schwanz von unten nach oben herumge-
m Augenblicke, als er den Kopf berührte,
änomen ein Ende, ohne dafs irgend je-
n gewahrte. Gleich nachher aber verbrei-
anze Flur ein stinkender, schwefelartiger
arauf entlud sich über einem etwas ent-
Hagelschauer mit dicken Körnern.

ung der Wettersäulen mit Hagelschauern
Seltenheiten. So war es der Fall mit der-
he am 4ten Messidor 1801 die Stadt Mar-
gegend verheert wurden[1]. Es war dieses
Wolken herabhängender Schlauch, dessen
fast eine französische Meile im Umfange
örte die Wettersäule eine Menge Dächer,
Hauptthurme, wandte sich hernach in das
Bäume und schüttete dann eine Menge Ha-
heftiger Regen folgte, dessen Wasser in
Getreide wegschwemmte. Auf ähnliche
Wettersäule am 10. Mai 1818 zu Gistebnitz
. Man sah dieselbe am fernen Horizonte
ier aus sich dem genannten Orte nahn, wo
umwarf, Bäume zerbrach und zuletzt auf
stobte, indem sie Sand, Steine und son-
die Höhe hob. Das Ganze endigte mit
Hagel. Es wird zugleich behauptet, das
worden, was indefs schwerlich constatirt

. 1801. N. 294.
lättern.

ist. Ganz ohne Hagel und Regen endigte
Trombe, welche sich am 6ten Juli 1822 be
Die von allen Seiten herbeiströmenden Wo
einzige zusammen, die den ganzen Horiz
aus welcher ein Schlauch sich herabsenk
Ende sich mit bedeutender Geschwindigk
ticale Axe drehte. Bei ihrer mit dem W
Bewegung richtete sie die gewöhnlichen Ve
rifs die Kronen der stärksten Bäume und fü
auch 25 bis 30 derselben um und warf sie
Richtungen, so dafs man hieraus deutlich
wegung erkannte. Zuweilen will man aus
und dem Schwefeldampfe ähnliche Baller
haben, auch erzeugte sie ein Geräusch, als
Wagen über ein Pflaster fährt. Nachdem
Witternestre von 40 Häusern 32 stark besc
hatte, löste sie sich auf, indem der obere
Höhe zog, der untere in eine leichte Wolk

10) Die auf dem Lande so grofse Ve
tenden Wettersäulen wurden meistens für
ten, bis eine genauere Untersuchung zeigt
eigentlichen Wassertromben dem Wesen na
Hierin liegt wohl die Ursache, dafs sie v
als eigenthümliche Meteore erwähnt werden
gentlichen Wassertromben ihrer Aufmerksam
konnten, weswegen auch schon Lucretius[2]
derselben giebt. Aufserdem scheinen sie auf
figer zu entstehn[3] und hinsichtlich ihrer ei
stalt auffallender und merklicher hervorzutret
zeigen sie sich nie in der Mitte der Aequato
regelmäfsigen Passate wehen, unter niedere
hohen Meere aber nur da, wo Windstillen
änderliche Winde wehn, am häufigsten in
des. So beobachtete man sie hauptsächlich

1 Becquerel Traité expérimental d'Électr. T
2 De rer. nat. L. VI. vers. 423.
3 Peltier's auf Vollständigkeit Anspruch m
enthält 56 Wasserhosen und 60 Landtromben,
p. 185; dennoch sind die ersteren gewifs häufige
tener bekannt gemacht.
4 Meteorologie. Th. II. S. 545.

se von Malacca, im mittelländischen und letzterem Meere, so wie unter mittleren d- und Ostsee und dem finnischen Meer- den nicht eben seltenen Erscheinungen. n Erfahrungen und seine unbefangene Beob- ichnete Horner[1] giebt über sie folgende gen:

meistens blofs in der Nähe des Lan- ge Winde und wechselnde Temperaturen

eit von örtlichen Gewittern oder minde- cheinungen begleitet, erscheinen aber nie ittern.

sind sie jemals Wirkung eines allgemei- hr herrscht um sie her meistens Wind-

so wie die Landtromben, alle von ihnen e mit sich fort.

ald von oben aus den Wolken, bald von er.

esteht nicht aus dichtem Wasser, sondern t.

res Durchmessers ist von 2 bis 200 Fufs Höhe von 30 bis 1500 Fufs.

ben haben mit den Wettersäulen auf dem prung, sind aber heftiger wirkend und durch das Entgegenkommen des Wassers Elektricität erhalten oder hergestellt, und ermindert wird.

gen von Wettersäulen auf dem Wasser fs ich mit Uebergehung der älteren Beob- ge der späteren ausführlicher mitzutheilen

die von Dampier in dessen Voyage round the Voyages. Lond. 1729. 8. T. I. p. 452. Philos. 5. T. XXIII. p. 1077. T. XXVIII. p. 78. T. I. p. 477. Hieraus haben vorzüglich Musschen- b. LX. und Bergmann physikal. Beschreibung d.

Labillardière[1] fand es der Mühe
liche Trombe, die er unter dem Aequator
gewahrte, zu beschreiben. Um das Schif
Windstille, aber an jenem Orte war das W
wegung und weifslich. Sie hatte die Gest
Kegel, die mit ihren Spitzen zusammenstie
einen stand auf dem Meere, die des ander
ner dicken Wolke. Die Wolken schienen
ken Wirbelwinde bewegt zu werden, de
Wasser vereinigte und es in Strömen ausgo
dière meint, dafs auf diese Weise die W
den, bemerkt aber zugleich, dafs dann das
ser der See salzig seyn müsse, da er doc
eines glaubhaften Zeugen, welcher zwei a
sah, mit Gewifsheit wisse, dafs dasselbe sü
durch andere Angaben genügend erwiesen i

12) Zu den genauesten Beschreibungen
des Verhaltens der Wettersäulen auf dem M
begleitenden Umstände, gehören die, welc
seinen längere Zeit zu Nizza angestellten B
ben hat. Die Zeichnungen, wodurch er se
tert, dienen zwar sehr zur Versinnlichung,
nöthig seyn, diese hier mitzutheilen, da si
ohnehin deutlich machen lassen, wenn ich
die später folgenden Figuren solcher Wette
wohl als den meisten derselben am ähnlichs

Die Wettersäulen bestehn aus drei we
dem Fufse derselben, welcher sich auf dem
nem herabhängenden geraden oder gekrümmt
den Wolken, woran dieser oben befest
denen er, mehr oder minder der Oberfläch
nähernd, herabhängt. Dafs diese Wolken au

Erdkugel. Greifsw. 1780 geschöpft. Hist. de l'Ac
p. 20; 1764. p. 32; schwed. Abhandl. Th. XII. p.
per. and Observ. on Electricity. Lond. 1769. p.
Blitze. Hamb. 1778. §. 155. Forsten Reise um d
Th. I. S. 144.

1 G. XXX. 188.

2 Journ. de Phys. T. XXX. p. 284. Mém.
T. VI. Daraus in G. VII. 49.

nichts Auffallendes, und so kann man sich
n, dafs aus ihnen Schläuche bis zu be-
abhängen, ohne dafs sich unter ihnen der
aber der letztere ohne Anwesenheit eines
eich bei vorhandenen Wolken, für sich
ist allerdings im hohen Grade merkwür-
durch unzweifelhafte Beobachtungen genü-
sah unter Andern Michaud von seiner
aus in der Entfernung eines Flintenschus-
der See von 10 bis 12 Toisen Durchmes-
us Dünste als dichte Nebel bis zur Höhe
stiegen. Auffallend war ihm dabei dafs
ich aufgespannten Segeln aufrecht erhiel-
rischer Wind sie zum Ufer hin trieb, wo-
ie aufschäumende Masse umgestürzt und
orn, die Spitze nach unten gekehrt, vom
d zerstreut wurde. Am nämlichen Tage
3 franz. Meilen Entfernung eine völlig
le mit einem sehr grofsen und hohen Fufse,
nerem Umfange war, sich aber oben bis zu
breitete, indem der wolkenartig aufstei-
n Innern viele emporgeschleuderte Was-
erselbe glich einem vulcanischen Krater,
Wolken und Massen von Seewasser aus-
eigenden Massen senkte sich der bis un-
enzte kegelförmige, unten spitz zulau-
rader Richtung bis fast zur Meeresfläche
Farbe des Meteors war ein dunkles In-
ch die Wolken aus, die sich von O. nach
ihrend der Beobachtung schlug ein Ha-
von der Gröfse einer Flintenkugel ge-
len Früchten keinen Schaden thaten, ob-

Meer. Bd. VI. S. 1709 ausführlich über die
elt und dabei gezeigt worden, dafs diese sehr
abhängt. Eben dieses ist der Fall bei den Wol-
daher auf die Farbe der Wettersäulen keine
er ihre physische Beschaffenheit bauen. Ge-
s mehr oder minder dichtem Dunste bestehn,
ch dem auffallenden Lichte verschiedentlich

gleich sie sich bis zu 4 Zoll Höhe aufhäufte
aus zusammengeballten Schneeflocken ohne
bestanden. Einige Zeit nach dem Verschwind
obachteten Trombe zeigte sich eine neue, di
dritte seyn mochte, weil der Hagelschauer d
obachtung unterbrochen hatte. Bei dieser zog
Zeit der Schlauch in die Wolken zurück u
schwand. Kaum war auch diese verschwunden
lichen Platze, wo die erste gesehn worden war
men ausgebildete Fuss einer neuen zeigte, dem
gänzlich fehlte. Diese Entstehung war einer
sofern daraus hervorgeht, dass der Schlauch
nicht nothwendig und stets bildet, sondern
unmittelbar bedingt, anderntheils auch deswe
an der Stelle seines Ursprungs unbeweglich
dass die übrigen mit dem Schlauche zugleich
einiger Entfernung über diesem Fusse hin
kenzipfel herab, welcher sich bewegte, u
über den ausgebildeten Fuss gekommen wa
vielen Krümmungen als ein sehr dünner
herab, der sich dadurch mehr ausbreitete
mungen verloren sich, es entstand ein
und somit eine völlig ausgebildete Wass
augenblicklich tief dunkel wurde und
wöhnlichen Schnelligkeit in der Richtu
wegte. Endlich bildete sich noch eine vi
auf die Art, wie die früheren, und es fo
ber, welches die Nacht hindurch anhielt
brachte. Diese merkwürdige Beobachtung
vorhandener Disposition mehrere solche
under entstehn können, was nicht zu
nungen gehört; denn wohl in den meis
gleichzeitig zwei oder mehrere vollkommen
Wasserhosen.

13) Unter den Bemerkungen, welch
zugleich den Beobachtungen von noch z
sehenen Wasserhosen hinzufügt, verdie
achtung, dass seiner Erfahrung gemäss
an Grösse abnimmt, sobald sie sich der
gleich auch dann, wenn die Tiefe des

dafs die Höhe der Füfse nie gröfser sey,
Vassers. Nach den verschiedenen hierüber
ngen mufs man in der That schliefsen, dafs
nben, die über Seen und grofsen Flüssen
irklich bedeutend niedriger, die Schläuche
nger sind, als bei denen, die den Meeren
ürdig war aufserdem der verhältnifsmäfsig
her diese sich oft wiederholenden Phäno-
Die Stärke desselben ging daraus unwider-
afs ein kleines Schiff an der Küste zu an-
nicht verhindern konnte, auf den Strand
, auch wurden einige andere Schiffe etwas
UD bemerkt jedoch, dafs die Wellen nicht
veil der damals herrschende Ostwind über-
it wegen minder heftig ist, und aufserdem
be eine mehr horizontale Richtung hatte.
nt die Disposition zur Bildung von Was-
jener Zeit so geeignet gewesen zu seyn,
Entstehung nicht hindern konnte. Hierfür
h die häufige Wiederkehr des nämlichen
ch auch anderweitig wohl beobachtet wor-
einst an der irländischen Küste eine Was-
auf 50 Fufs geschätzt wurde, die oben zu
nach deren Verschwinden mehrere nach-
s Mal wurde ebendaselbst eine Wasserhose
ich den bereits gebildeten Fufs nicht er-
r der Theil des Meeres unter dem herab-
in starker Bewegung, während die um-
llkommener Ruhe blieb [2].

ind die Erzählungen, welche Boussard [3]
an den Küsten der Insel Cuba beobach-
eilt, um so mehr, als er die blofsen That-
chung theoretischer Ansichten, berichtet.
einem schönen, warmen Tage, bei neb-
wolkenfreiem Himmel, erhob sich etwa 6
üste plötzlich in einiger Entfernung vom

Phil. Journ. N. III. p. 139.
XXVII. p. 180.
T. III. p. 346. G. VII. 73.

Vordertheile des Schiffes eine Trombe. Währ
ihr näherte, nahm sie beträchtlich zu, bis s
Toisen entfernt war. Zu dieser Zeit schie
ihrer Grundfläche 4 Toisen, der des unteren
4 Fufs und der mittlere Theil der letzteren
gen, der obere Theil aber erweiterte sich
Wolke. Ein leichter Ostwind schien die Tr
wölk vor sich her zu treiben, und als beide
fen der Flotte näherten, wurden mehrere K
gegen geschossen, welche das Zuströmen
Höhe kreiselnden Meerwassers unterbrachen
wurde sofort unten kleiner, der Schlauch
Fufse und das Aufbrausen nahm ein Ende.
wegung schien regelmäfsig von unten nach
seyn, sie liefs nach und bildete nicht mehr
den ganzen Horizont bedeckten. Bald da
Donner hören, ein Blitzstrahl traf eins der
ein Regen, welcher eine Stunde lang anh
merklich abkühlte. Der Schlauch war stets
das Gewölk, und gegen das Ende merklich

Boussard bemerkt bei den Betrachtu
dieses Phänomen anstellt, er habe oft be
Himmel wahrgenommen, dafs die Wasserho
dem Meere erheben, die dazu gehörigen W
oder doch vergröfsern und Stürme veranlass
dumpfe Getöse, welches man wahrnimmt,
im Fufse nicht vom herabfallenden Wasser h
dem das aufbrausende Wasser vielmehr im
wie der Augenschein zeigt. Nach seiner
daher nicht annehmen, dafs das Wasser in
absinke, weil sich sonst hierdurch die gan
müsse.

Boussard beobachtete später bei der I
zwei Wasserhosen. Beim Entstehn der er
in einem Boote, also in geringer Höhe übe
und erblickte sie in der Entfernung von etw
erst, nachdem sie ausgebildet war. Der s
sende Fufs hatte ungefähr einen dreimal grö
als der Schlauch, dessen innerer Theil durch
das Uebrige, weswegen er auch diesesmal

en sah, wobei sich die Wolke beträchtlich
serte und mannigfaltige Farben annahm.
oberen Theiles war röthlich, des unteren,
grenzte, schwärzlich braun. Nach 15 bis
östlich neben dieser eine zweite Trombe,
5 Minuten ohne merkliche Vergrößerung
der Schlauch von dem Fuſse trennte, letz-
d man nichts weiter sah, als den zurück-
ipfel. Der untere Theil des Schlauches
Fuſs, der mittlere 2 Fuſs, der oberste 10
seyn; der aus dem Meere aufbrausende
r und erhob sich bis zu ungefähr 12 oder
iesem Schlauche stieg das Wasser regel-
r war dunkler, dagegen der der ersten
ie Wolken, von denen sie herabhängen.
1 versichert, bei den etwa sechs Wasser-
m mittelländischen Meere gleichzeitig be-
ahrgenommen zu haben, daſs das Wasser
wärts stieg und zugleich herabsank, wo-
rehende Bewegungen in horizontalen Ebe-

eibung der Gestalt der Wasserhosen und
welche sie im Allgemeinen darbieten, hat
. Die Hauptsache des Ganzen ist von
aus dem Tagebuche des erfahrenen See-
KWELL entlehnte, welcher als Capitain
elsschiffes häufig Congo besuchte. Zuerst Fig.
herabhängende schwarze Wolke A, und 179.
einen beginnt das Aufwallen des Meeres,
largestellt ist. Letzteres hat dem An-
eit mit einem rauchenden Ofen. Die
Wolke sinkt dann mehr und mehr her-
erfläche des Meeres, während die rau-
ets höher und höher steigt, bis sie die
at, aus welcher der Schlauch herabhängt.
argestellte, vollständige Wasserhose soll
Unglück haben, in ihre Nähe zu kommen,

. Ph. LXXIII, 96.

Art von Wirbelwind bildete. Er hob das
cher Gestalt und vom Durchmesser eines
nend im Zustande von Rauch und Dunst
r Fufs der Trombe zog in südlicher Rich-
hängenden Gewölke, indem er an Höhe
, mit schraubenförmiger schneller Bewe-
em Ende einer Wolke in Berührung kam,
herabsank, um mit ihm zusammenzutref-
meile vom Schiffe blieb die Wasserhose
rselben Stelle unverrückt stehn; an ihrem
mpfte das Wasser und entlud sich rau-
in die über ihr hängende Wolke, wäh-
hnelle spiralförmige Bewegung hatte, und
streckte, jenachdem die veränderlichen
h brachten, die nun abwechselnd aus allen
es wehten. Bald darauf kehrte die Trombe
ade entgegengesetzter Richtung des Win-
Schiff herrschte, zurück und ging gerade
m desselben los. Man suchte derselben
htung des Schiffes auszuweichen, allein
man das übliche Mittel wählte, auf sie
em mehrere Schüsse geschehn waren und
gerade in dem Abstande eines Drittels
sie gegangen war, erschien sie eine Mi-
i Stücke horizontal durchschnitten, und
ten in verschiedenen Richtungen hin und
on entgegengesetzten Winden bewegt, bis
igten. Einige Zeit nachher zerstreute sich
geheure schwarze Wolke, aus der es in
ofen auf das Verdeck des Schiffes regnete,
oft war.

der Schufs oder die Erschütterung der
e die Wasserhose in zwei Theile theilte,
als eine halbe Seemeile vom Schiffe ent-
ine Fläche Wasser, welche volle 300
hatte, vom einen Rande der kochenden
ngesetzten gerechnet. Wo der Schlauch
a in $\frac{2}{3}$ ihrer Länge aufwärts, schien er 6
zu haben; die scheinbare Höhe des Hal-
lche die Hose das Wasser auslud, betrug

40°, die Wolke selbst aber erstreckte sich ü
punct des Schiffes hinaus und rings umhe
Weite. Napier setzt ihre damalige Entfernu
oder 2050 Fuſs, und dann giebt dieses ein
Fuſs für die Trombe. Das Wasser an der
einem weiſsen Rauche, wovon ein Theil n
einem gewissen Umfange gestoſsen wurde,
als ein dicker dunkler Dunst aufstieg, der
dünne Streifen ordnete, so wie er den Wolk
sich alles zerstreute und ein heftiger Regengu
zuvor, ehe die Trombe sich auflöste, sah ma
Süden, die jedoch kleiner waren und nur ku
Das Barometer stand nach dem Meteore unve
mometer war um 1° gestiegen; der Wind blies
desselben und des nachfolgenden Regens, als
halbe Stunde, abwechselnd aus allen Strich
sprang mehrentheils in entgegengesetzter Ric
immer sehr schwach und erreichte nur auf
Stärke eines frischen Windes. Blitz und Do
beobachtet und das auf das Verdeck fallende
Regenwasser.

Das Schieſsen gegen die Wasserhosen ist
allgemein wohlbekanntes Mittel, welches sie
gen ihre Wirkungen anzuwenden pflegen, w
nonen versehn sind. Merkwürdig ist in dies
Beobachtung von Ogden [1], welcher auf sein
vannah nach Norfolk an einem heiſsen Tage
entstehn sah, während einzelne dicke Wo
standen; die Erscheinungen dabei waren die g
endigten sie meistens mit Blitzen aus den W
selben wurde eine 32pfündige Kanonenkugel
unteren Theil geschossen, welche sie in zw
und verursachte, daſs das Wasser nach bei
ohne jedoch eine wesentliche Aenderung herv
dichte Wolke, aus welcher diese Trombe her
gefähr 300 bis 400 Fuſs hoch über dem Schi
lothrecht der Schlauch in 200 Fuſs Entfer

1 Silliman Amer. Journ. of Sc. 1836. Jan. Bi
nève. 1836. T. III. p. 158.

Volke allein schien sich dann zu bewegen, Trombe aber schien vom Schiffe gleich- zu werden, und ging in ungefähr 60 Fuſs Hintertheile desselben vorüber. Unter dem Meer sehr bewegt; einige Fuſs über der rs nahm man deutlich eine kreiselnde Be- hörte zugleich ein Geräusch, als wenn ine enge Oeffnung strömt. Der Schlauch uſs Durchmesser, schien scharf begrenzt, rst da schnell, wo er mit der Wolke in e Farbe war licht und dunstartig, insbe- hn aus geringerer Entfernung betrachtete. rde zunehmend dichter und zeigte leuch- ktricität. Nachdem sich die Trombe et- er Nähe des Schiffes aufgehalten hatte, il des Schlauches zunehmend dünner und n der Wolke, worauf man einige Mal licke Regentropfen herabfielen, die zur trosen aus süſsem Wasser bestanden, da se dieses aufgesogenes Seewasser seyn[1].

nen die Wasserhose ein Schiff trifft, müssen ine eigentliche Entladung des Schlauches über cht angegeben gefunden, und man muſs hier- groſse Furcht der Schiffer vor denselben nicht vermuthlich bloſs auf der Vorstellung von den dem Anschein nach so furchtbares Ungeheuer einzigen, von Chladni erzählten Falle §. 18 e Beschädigung des Schiffes durch eine Was- auch dieser Schaden war nicht sehr bedeutend aufwallende Bewegung des Wassers, welches olche Wassermasse kann allerdings leicht eine en, und muſs auch gesalzenes seyn, obgleich ses nicht ausdrücklich bemerkt wird. Auf- die Seefahrer allgemein die Meinung hegen, den Schläuchen auf, dennoch aber sey das herabfallende süſs, weswegen Michaud an- dampfe und steige daher als destillirtes, mit- auf. Diese Meinung ist allerdings kühn und stätigung; vorläufig muſs man wohl die rich- en, daſs das Wasser, welches später aus den lken, wohin sie sich zurückgezogen haben, ezeit süſses ist und auch seyn muſs, denn

17) Die mitgetheilten Zeichnungen
zwar die Wassersäulen im Allgemeinen, a
allen den Modificationen, die unter verschi
bei ihnen statt finden; Letzteres ist woh
durch BUCHANAN[1] geschehn, und seine M
daher hier zur Vervollständigung der Th
finden. Dieser sah am 24sten Mai 1788,
her eine Wasserhose verschwunden war,
Fig. 180. Schlauch b aus den Wolken herabhängen,
wärts gebogen war. Unmittelbar darauf
eine Wolke oder ein dichter Nebel c empo
der Schlauch bald nachher herabliefs und
nigte, wobei sie zugleich höher wurde u
zusammenzog. Die demnach vollständige W
Fig. 181. in der Zeichnung ausgedrückte Gestalt.
welcher der Schlauch herabhing, zog lang
leicht verursachte dieses die Krümmung
welches zugleich nach unten stets dünner
scheinlich dichter war, als die Wolke
Schlauch herabhing, ohne jedoch schwärz
Wolken häufig sind. Der aus dem Meer
hatte dieselbe Farbe, als der Stengel, und
aus einer Dampfmaschine aufsteigenden Rau
der Trombe war während der ganzen Zei
gung, voll weifser Wellen, und zugleich h
wie von einem starken Wasserfalle. V
Stengels an, bis er den über dem Meere
reichte, mochten etwa 2 Minuten vergange
fing dann an, sich in die Wolke wieder z
der er herabgekommen war, und in etwa
vorbei, indem sich die Wolken zerstreuten.
die Entfernung auf mehr als 1 engl. Meile
sie nur $\frac{1}{4}$ engl. Meile und die Zeitdauer
nahmen; er gesteht aber zugleich, dafs
nur als ungefähre gelten können, auch bem
Bewegung im Schlauche, statt dafs seine

---

sobald sich die Wasserhose trennt, steigt der a
hende Schlauch in die Höhe, das Meerwasser ab

1 Edinburgh Philos. Journ. N. X. p. 275.

Wassers in demselben wahrgenommen
Schiff befand sich an diesem Tage unter
20° westl. L. v. G., das Wetter war
eränderlich, der Wind wechselte häufig
rke, auch blitzte und donnerte es mehr-
Abend vorher. Während der Dauer des
eim Schiffe ein gelinder Nordwestwind,
lken über der Wasserhose zeigte, dafs
stwind herrschen mufste.

gegebenen Beobachtung sah BUCHANAN
tstehn und dann den Fufs auf dem Meere
Umgekehrte fand statt am 8ten Jan. 1789
. und 135° 26′ östl. L. v. G., indem
oder wolkenartige Erhebung a auf der Fig.
zeigte, wobei es in einiger Entfernung 182.
d die genannte Erhöhung auf dem Meere,
Masten und Segel ähnlich sah, sich
der Beobachter einen Stengel, wie ein
der Wolke hervortreten, allein dieser
, die Erhöhung aber erhielt sich noch
is auch diese verschwand. Nach etwa
gte sich aber eine vollständige Wasser-
eichnung ausgedrückten Gestalt an jener Fig.
regnete, wie zuvor, bei b; der herab- 183.
überall scharf begrenzt, vom Winde
ten in eine Spitze aus, und war in et-
ht unter der Wolke etwas dünner, weil
vei Seitenarmen d und d hing. Seine
es Gewölkes; durch ein Fernrohr gesehn
, weil er in der Mitte heller aussah, als
om Meere aufsteigende Wolke e, von
it mit dem Schlauche, war scharf be-
Minuten wurde der Stengel lichter und
hwand; ein Geräusch wurde nicht wahr-
ch weil die Entfernung, die nach
en betrug, zu grofs war. Der Regen
Zeit fort, das Wetter war veränderlich,
n Tag kein Blitz und Donner wahrge-

ANAN den Fufs einer Wasserhose im

Fig. 184. südlichen atlantischen Meere am 12ten Apri
einem heftigen Regen, dafs dieser ihn fast e
auf bildete sich ein Schlauch, verschwan
bis 2 Minuten, und senkte sich dann abern
Fig. 185. lich hohen Wolke herab. Er erreichte mit
gefähr die Mitte zwischen der Wolke un
gebogen, und schien in der Mitte heller,
Unter ihm war das Wasser in heftiger Be
wie bei einem Wasserfalle; von dem Raum
dessen es bewegt wurde, stieg ein Schaum
jedoch zu einer geringeren Höhe, als Buch
beobachtete. Ein Geräusch ward nicht verno
weil die Entfernung 3 engl. Meilen nach
Nach 2 bis 3 Minuten verschwand der St
vorher etwas lichter geworden war, entwe
das Gewölk zurückzog oder weil er so dün
ihn nicht weiter erkennen konnte; das Was
aber noch wenigstens 10 Minuten im Aufw
ist hierbei, dafs ein so genauer Beobachte
die Wettersäulen stets nur aus so grofsen E

18) Diesen Mangel ersetzt aber der
Wolke[1] über die von ihm in gröfster Näh
säule mitgetheilt hat. Er beobachtete diese
auf einer Fahrt von Kronstadt nach Lübec
aus dicken Wolken herabhängenden cylindr
etwas verjüngten Säule, und es schien, da
etwa 100 Schritt entfernt war, dafs die sie
schraubenförmig aufstiegen, während eben
Weise wieder niedersanken. Der Fufs d
einer grofsen kugelförmigen hohlen Schale
dieser fortzugleiten. Um den Rand der S
mit Heftigkeit empor, eine Menge gröfserer
sermassen tanzten um sie, indem sie sich
Höhe von 12 bis 16 Fufs erhoben, wäh
herabsánken. Ueber den tanzenden Spitzen s
Wolke von Dünsten, erzeugt durch die he
Wassers und von der Art, dafs man sich
ein mitwirkendes Feuer nicht erwehren ko

1 G. X. 482.

e man ein Getöse; sie stiefs an das Vor-
t solcher Gewalt, dafs dieses einen all-
recken erzeugte, welcher aber schnell
ettersäule in rascher Bewegung von vorn
chiff rauschte und blofs einige sehr dicke
ſs, zugleich aber einen merklichen Ge-
hen der Berichterstatter schweflig und
Schiff schien den Tanz der Spitz-
d den Umfang ihres Springplatzes ver-
nn sie erhoben sich nach Schätzung
Höhe, als vorher. Den Durchmesser
nges schätzt WOLKE auf 130 Fufs, den
Als die Sonne gegen sie schien, zeigte
lblich, an beiden Seiten dunkel. Merk-
s unmittelbar nachher in gröfserer Ent-
re ähnliche Säulen erblickt wurden.
die Gewalt, welche die Wettersäulen
seltenen Fällen äufsern, nicht stets so
in dem eben erwähnten Falle; denn
h glaubhaften Berichten, dafs einst auf
hose, die man wegen des Regens nicht
r Heftigkeit gegen das Hintertheil eines
Stofs war so fürchterlich, dafs die in der
enden, auch zwei Matrosen, der ge-
erte Tisch u. s. w. über den Haufen
Cajüte wurde durch die Gewalt der Was-
und es drang ein grofser Schwall von
igen Contusionen der Menschen und der
Tauwerk u. s. w. wurde kein Schaden
r grofsen Gewalt zeugt ferner eine An-
ALLEVILLE[2], wonach im J. 1811 eine
der Ostsee her auf Kopenhagen zu kam,
rei Kronen wegging, eine 30pfündige
verrückte und beim Zergehn eine Menge
s mehrmals berichtete Ausschütten ver-
, als Laub, Stroh, Heu, Früchte, Bre-
arm nur beim Zergehn solcher Tromben
edeutende Strecke über dem Lande hin-

e. Deutsche Ueb. Weimar 1815. S. 122.

gezogen sind und daselbst, zahlreichen solche Substanzen in die Höhe gehoben u zugleich ist aber kaum zweifelhaft, dafs und grofsen Flüssen kommende oder üb hinstreichende Tromben Fische, Frösche thiere aufheben, bis auf bedeutende En und dann fallen lassen[1]. Unter andern e der Aussage eines glaubhaften Augenzeu solches Meteor die Fische aus einem We benden Lande umherstreute.

Die sämmtlichen bisher beschriebene mit einem Fufse verseln, indem das W herabhängenden Ende des Schlauches ent und aufbrauste, Colden[3] berichtet aber Gegentheil, nämlich eine Vertiefung des Reise nach Westindien sah er eine Wass nung von 30 bis 40 Ruthen vom Schiffe. nem kegelförmigen Schlauche, dessen B hing, während die Spitze etwa 8 Fufs abstand. Bei dem ruhigen Wetter ging bei dem Schiffe vorbei; aus ihm kam ein welcher ein Loch von etwa 6 Fufs Durch fläche machte und das Wasser wie ei um diese Vertiefung hob. Derselbe Beob rere Wasserhosen, deren keine aber das

Es möge hier noch erwähnt werden, Trombe sah, bei welcher aus der nä Schläuche dicht neben einander herabhing nehmend lang und am unteren Theile a vereinigten sich einmal, trennten sich dann

---

1 Vergl. Art. *Regen*. Bd. VII. S. 1224.

2 G. X. 486.

3 Aus Franklin's Werken Th. II. S. 81 Th. II. S. 547.

4 Voyage au détroit de Beering. T. I. p.

5 Eine ausnehmend schöne Zeichnung d dem Atlas zu Becquerel Traité. Fig. 8. Hier ben sehr der einfachen, welche Mercanton an (§. 19) und von welcher am dort anzuzeigend sehr saubere Zeichnung gegeben ist.

tersäulen auf dem Meere und auf dem
ganz seltenen Phänomenen gehören, so
s sie sich auch zuweilen auf Binnenseen
ist höchst wahrscheinlich, dafs nur die
öffentlichen Kunde gelangen, weil diese
Hauptsache nach sehr allgemein bekannt
eine specielle Beschreibung verdienen,
esondere Umstände auszeichnen, wobei
eines sachverständigen Berichterstatters
man daher erst dann, wenn durch ein
die Erinnerung geweckt wird, dafs sie
worden seyen. Uebrigens sind sie denen,
igen, vollkommen gleich, doch schliefse
t gewordenen Beschreibungen, dafs der
eine gleiche Höhe erreicht, was wohl
e der geringeren Wassertiefe ist, denn
nimmt auch bei den auf dem Meere
e des Fufses ab, sobald sie über minder
n. Es wird daher genügen, nur einige
aft zu machen.

827 zeigte sich auf dem Genfersee eine
ständig ausgebildete Wasserhose, die
ner Ansicht und den Berichten anderer
chrieben und durch eine getreue Zeich-
mit dem Zusatze, dafs die Erscheinung
gelte. Der Himmel war mit gewitterarti-
en bedeckt, die sich schnell von West
während die Oberfläche des Sees von
ur leicht gekräuselt wurde. Ein Theil
Mitte senkte sich plötzlich vertical her-
eines umgekehrten Kegels an, und zog
gegelbe Farbe, die durch den Widerschein
en erzeugt wurde, die allgemeine Auf-
hr auf sich, je stärker sie gegen das
olken abstach. Der Kegel, welcher sich
efähr 2000 Fufs über der Wasserfläche
stürzte so schnell mit einer oscillato-

XXXVI. p. 142. Mit einer sehr sauberen

rischen Bewegung herab, dafs hierauf weni
ten vergingen. Die auf solche Weise ge
war konisch, am untern Theile aber so we
drisch und im Mittel von etwa 10 bis 1
zu seyn schien[1]. Im Augenblicke, als die
erreichte, entstand ein dem Kochen genau
len, wobei die schäumenden Erhebungen
als 50 Fufs erreichten. Als die lange Säu
getrieben wurde, glich sie einem durch de
Bande, wobei sie sich mit bedeutender G
Rhone näherte und bis zu einiger Entfer
Flusse hinstrich. Als das Aufwallen des Fu
aufgehört hatte und demnächst wieder auf
CANTON, dafs sie sich über dem Bette de
Rhone befinden müsse, wo sich das Aufb
wieder zeigte, bis sie an den Wolken unb
durch den Wind über dieses Bette hinausge
mittelbar darauf verminderten sich die Dim
und sie verschwand bald, indem blofs die
ken noch einige Zeit sichtbar blieb. Ein
findlicher Schiffer hörte das starke Geräusch
dem Rauschen der Räder eines Dampfschiffe
ses die stark bewegten Wellen durchschnei

20) Von nicht minderem Interesse i
einer Wasserhose, welche sich auf eben
Dec. 1832 zeigte und von MAYOR, eine
genzeugen, genau beobachtet wurde[2]. Ge
sah er dieselbe in der Entfernung von ein
seinem Fenster; sie hatte das Ansehn ein
60 bis 80 Fufs Höhe und etlichen Fufs Dur
ter an ihrer Basis als an der Spitze, von gr
Anschein nach in kreiselnder Bewegung.
Theile ruhte sie auf dem Wasser, am obere
sie erhielt sich etwa zwei Minuten, ohn
Stelle zu rücken; darauf senkte sie sich

1 Unter allen mir zu Gesicht gekommenen
keinen Schlauch von solcher Länge und verh
Dicke.

2 WARTMANN in Biblioth. univ. T. LI. p. 322

n Regen auf. WARTMANN bemerkt hierbei, gaben in den Denkschriften der Pariser Aka- und 1764 solche Meteore auf dem See ge-

ung nach bin ich geneigt, die hier erwähnte che Wettersäule zu halten, bei der die An- Volke, ein eigentlicher Schlauch und der auf- lle drei mehr oder weniger vollkommen aus- che Bedingungen seyn dürften. Dagegen war in eine Säule vorhanden, ohne den Fuſs und elmehr war der Himmel gleichmäſsig durch schleiert und keine eigentliche Wolke zeigte rizonte. In der Regel zieht sich der Schlauch die Höhe und der noch meistens einige Zeit de Fuſs kommt allmälig zur Ruhe, statt daſs alle die Säule von verhältniſsmäſsig nicht be- sich allmälig ins Wasser herabsenkte. Nach ar dieses Phänomen nichts anderes, als eine mengedrängte Regenwolke, die sich herab- halt in den See ausschüttete, nach Art der- Frühlinge zuweilen einzelne Striche benetzen, d mitwirkte, daſs die Luft nur wenig bewegt die Wolke ruhig stehend sich ihres Inhalts gleiche Weise ist auch das von HOWARD[1] 817 gesehene Meteor für keine eigentliche ern vielmehr für eine nahe begrenzte, ihren chüttende Regenwolke zu halten, wie solche den, die auf gewisse Weise einen Uebergang Regenschauern zu den Tromben bilden, ohne esentlichen Stücken gleich zu seyn. Es hatte ng mit Blitz und Donner geregnet, aber im Erscheinung war heiterer Himmel zwischen Aus einer von diesen senkten sich einige e Kegel herab und zogen sich wieder zu- e derselben, welcher tiefer herabgekommen und aus ihm eine dichte Säule bis fast zur die als dichterer Körper noch ziemlich weit Volke sichtbar war. Auch dieser Kegel zog

ilos. 1817. Aug. — G. LVII. 219.

sich wieder in die Höhe, nachdem er sein
hatte, und es folgten ihm noch einige and
gesehn, wie dieses bei den Berichtersta
konnte man das Meteor allerdings für eine
und einige Aehnlichkeit damit war auch u
den; wir müssen sie aber dennoch von
schliefsen, weil ein Beobachter sie über ei
sah, unter welchem er stand, ohne von de
kungen der Tromben irgend etwas ander
gar nicht nothwendige, nämlich das Hera
Regens, wahrzunehmen.

21) Ganz eigentlich zur Classe der W
dagegen diejenigen, welche ein mit den
setzen hinlänglich vertrauter glaubhafter
MANN in Constanz, am 26sten Juni 1833
Fig. 186. sah und durch eine getreue Zeichnung
Phänomen ist um so auffallender, da si
eine grofse und eine kleine, dicht neben e
war Abends 6 Uhr 45 Min., als er das
Constanz aus erblickte. Während der Er
Barometer[1] auf 322 Lin., das Thermomete
Luft zeigte sich bedeutend elektrisch, G
den ganzen Nachmittag über den See, und
Erscheinung blitzte und donnerte es un
schauern an der entgegengesetzten Seite[2].
entstanden gleichzeitig, doch verschwand
wieder nach 3 Minuten, die gröfsere a v
nahe ganz nach 5 Minuten, bildete sich da
der, dauerte noch etwa zwei Minuten und
starken Regenguſs, der die ganze Gegend
wohner der Stadt behaupteten, es seyen
Meteore auf dem Bodensee wahrgenommen
aber keine Nachricht von einer bestimmt ge

---

1 Die Höhe von Constanz wird zu 1180
resfläche angegeben.

2 In meinem Tagebuche finde ich aus öffe
dafs am 28sten dieses Monats eine starke La
bei Neifse Linden von 2 Klaftern im Umfange
Dächer und Häuser beschädigte und 17 Besitzu
hier in Heidelberg sah ich Abends am 25sten sta

n Augenzeugen, welcher sie selbst gesehn
konnte.

ene Eigenthümlichkeit, wonach die Schläu-
ettersäulen nach oben verjüngt zuliefen,
noch einmal bei einer erwähnt, welche
v. 1793 auf dem Genfersee beobachtete.
auf dem See, rechts und links von der-
hinter ihr waren die Berge in dichte
üllt, die sich über den See herzogen
ke, schwarzgraue Säule sich herabsenkte,
g so scharf begrenzt da stand, dafs man
e Masse halten können. Der Fufs war
end, kaum sichtbar, und hatte ganz das
nden, fast aufgelösten Dunstes; das
s Sees spritzte bis auf eine Höhe, die
aber, wie er meint, noch zu gering,
es der schönste Theil des Meteors. Die
chter betrug 18000 Fufs und diesem-
der aufspritzenden Wassermasse 315
ler Säule aber 2000 F., alles nach mög-
ung. Zur genaueren Beobachtung diente
eil die Zeit nicht gestattete, ein gröfse-
n, denn das Meteor verschwand drei
Wahrnehmung desselben, und zwar
einer halben Minute die letzten Spuren
ren. Während dieser Auflösung der
e Dünste, aber so schnell vorüberge-
die über der Wasserfläche wahrnahm.
in. unter seinem Mittel und das Ther-
PICTET bemerkt hierbei, Wettersäulen
selten; auch ist er nicht geneigt, der
s auf ihre Bildung einzuräumen, mehr
nden, die den See treffen.

ofsen Flüssen entstehn Wettersäulen.
cht dem Flusse allein zugehörte, son-
e Verwüstungen anrichtete, wurde am
Gegend von Altona gesehn[2]. Dem

. de Phys. T. I. p. 39.
Bd. III. St. 3. S. 178.

Berichte nach liefs sich gegen 6 Uhr Aben
dorf eine Wolke, wie ein zugespitzter Sch
nieder, schwankte einige Male hin und h
dann mit dem Wasser und zog es in die
Entfernung senkte sich eine andere Wolke
herab, schwankte über zehnmal hin und he
letzt eine Vertiefung im Wasser, dafs m
Grund des Flusses sehn konnte. Nach etli
sich diese Tromben wieder vom Wasser lo
gehobene in den Flufs zurückfallen, zogen
die Stadt, richteten an Fenstern und Däche
Zug ging, beträchtlichen Schaden an, warfe
und verloren sich endlich aus dem Gesichte
entfernten Bleiche ergriff der Wirbelwind di
Cattune, führte sie, ungefähr 50 Stücke,
die Luft und zerrifs mehrere derselben.

Blofs auf das Wasser beschränkt war
be, die nach Dunbar's Berichte[1] auf dem
wurde. Die aus der Wolke herabhängende
ziemlich grofsen Winkel mit der lothrech
untere Ende derselben blieb während der g
scheinung an demselben Orte unbeweglich
nicht Folge der langsamen Bewegung de
hier angegeben wird, sondern stimmt m
Verhalten dieser Meteore überein, dafs d
zwei Theile theilte, wovon der kürzere
fiel, der längere sich in die Wolken z
streute.

Noch eine Erzählung möge hier Pla
vorzüglicher Wichtigkeit ist, weil sie v
währten Physiker herrührt. Brandes[2] bes
am 5ten Juli 1810 am Ausflusse der Wese
serhose. Sie ging ziemlich quer über den S
wenige Augenblicke in ihrer Vollkommen
eine niedrige Wolke oder ein Dunst bald
derselben verbarg. Nach den Schätzungen
geübte Beobachter aus Bescheidenheit nur fü

1 Philos. Trans. of the Amer. Soc. of Phila
2 G. XXXVI. 404.

nung etwa eine kleine halbe Meile; aus dem
starker Dunst auf, in welchen sich der
f, wahrscheinlich bis auf den Wasserspiegel,
Wolke war 1000 Fufs hoch und wohl noch
, der obere Durchmesser des herabhängenden
etwas unter der Mitte 25 Fufs, weiter her-
re Theil eher einem Wasserstrahle, als einem
war gewitterhaft, doch zur Zeit des Phäno-
ter in der Nähe, und der Wind gerade in
e gelinder, als vorher und nachher.
er mitgetheilten Thatsachen liefsen sich noch
ren, doch sind sie gewifs genügend, um nicht
chsten Erscheinungen zu überblicken, sondern
ugung hervorzurufen, dafs es ausnehmend
de, wie Kämtz sehr richtig bemerkt, alle
äulen vorkommende Einzelheiten sachgemäfs
u erklären. Inzwischen hat Becquerel[1] eine
afste Zusammenstellung aufgenommen, welche
die Uebersicht alles dessen, was sich auf diese
zu erleichtern und die Aufgabe in ihrem gan-
tlicher vor Augen zu stellen. Es wird
', aus dieser den wesentlichsten Inhalt hier

eine m grofsem Fleifse zusammengesuchte
bekannt gewordenen Tromben, von denen 60
6 dem Meere zugehören. Unter den letzteren
jenige, welche Thevenot[2] im Jahre 1664
omo sah, wobei zugleich mehrere gleichzeitig
inander sichtbar wurden; unter den ersteren
die älteste aufgeführt, welche nach der Er-
chiavel[3] und Ammirati[4] am 22sten oder
56 im Florentinischen beobachtet wurde. Kann
lle auf absolute Vollständigkeit keine Anspru-
orauf es ohnehin nicht ankommt, so ist sie

imental de l'Électricité cet. T. V. p. 184 ff. Par

la Levante. T. II. p. 359.
rent. Lib. VI.
rent. Lib. XXIII.
einige angegeben worden, die man in diesem Ver-

doch reichhaltig genug, um die Ueberzeugu
dafs keine wesentlichen Modificationen diese
sehn worden sind. Eine Zusammenstellung des
dann zu folgenden Resultaten. Unter 116 T
auf der See und 18 auf dem Lande, im Gan
selnde Bewegung, bei 22 dagegen, und zwa
und 13 auf dem Lande, zeigte sich gar kein
Von leuchtenden Erscheinungen, Blitz und
und zwar 16 zur See, 25 zu Lande, beglei
aufgehobenen Gegenstände der Windrichtung
digten mit Hagel, und zwar 7 zur See, 9
schwanden in einer Atmosphäre ohne Wo
einen Schaden anzurichten. Unter den Was
3 süfses Wasser auf die Schiffe, obgleich
ihnen aufzusteigen schien; bei 15 Wasser
Wasser aufsteigen, bei 8 niedersinken; 2 W
den eine obere Wolke mit einer untern;
schwefliger Geruch wahrgenommen; in 6
mehrere Wettersäulen gleichzeitig; 34 endl
Erscheinungen dar, z. B. die von Buchana
Fig. 183), welche oben an 3 Schläuchen au
und die zu Carcassonne (§. 3), welche die
bodens aufrifs, ohne die umstehenden Geg
verletzen. Das Geräusch endlich, welches di
regen, ist nach ihrer Natur verschieden, im
ker bei denen zu Lande, als bei denen auf

24) In Beziehung auf die Theorie zähl
toritäten auf, unter denen 19 die Ursache
gung, 8 in der Elektricität, 2 in unterirdisc
suchen, einer endlich die Erscheinungen bl
gen Platzregen hält. Auf die letzte Hypoth
von Exles[1] herrührt, verlohnt sich gewifs

---

zeichnisse nicht findet, auch können diejenigen,
beobachteten angegeben werden, schwerlich als s
mentlich die typhonartigen Sturmwinde schon in
waren.

1 Philos. Trans. 1755. T. XLIX. p. 147.
lesen, dafs er selbst nie eine gesehn und von Schiffe
in allen Meeren gemacht hatten, gehört haben wi
eine zu Gesicht gekommen.

er Wettersäulen mit gar keinen wässerigen
nden sind; die Meinung aber, die von
on[2] herrührt, wonach die Ursache der
irdischen Aufbrausungen liegen soll, läſst
rch scheinbare Gründe unterstützen, auch
merkt worden, daſs die Beobachter der Was-
die Idee kommen, das Aufwallen der See
rdischen Feuers. Allerdings scheint ein
ment hiergegen darin zu liegen, daſs fast
Bildung eines Schlauches beginnen, wel-
en Wolken zur Erde herabsinkt; allein
ich mindestens entkräften, wenn man die
als stiegen sehr heiſse Dämpfe aus der
is zu den Wolken erhöben, wo dann
Niederschlag entstände, welcher in den
ch nur scheinbar zur Erde herabsenkte.
lung einigen Schein für sich hat, so ist
der Erscheinungen, welche die Wetter-
der Art, daſs man sie unmöglich mit
inklang bringen kann. Ohne uns daher
ten, wollen wir nur die beiden vorzüg-
ihre wichtigsten Vertreter berücksichti-
n Resultate führen wird, daſs unter ge-
beide vereint wohl zur Erklärung der
ene mindestens beitragen können.

sten *mechanischen Hypothese* werden die
inde erzeugt, allein die eigenthümliche
ehn soll, wird verschieden angegeben.
ue[4] haben diese, zu ihrer Zeit ohne
hende Ansicht veröffentlicht. Hiernach
eine Wolke zwischen sich zusammen-
tatorische Bewegung versetzen; allein
der Regel Windstillen voraus, und in
n geringer Entfernung von ihnen voll-
icht zu gedenken, daſs die zu Blanke-

rt.
XXIII. p. 1077.
Sciences. An 1727. p. 5.

Wolken zu erklären. Wenn Oersted, w
werden, die Luftwirbel eine aufwärts gericht
nehmen läfst, so hält auch Prudhomme[1] zw
chen Winde, die durch ihr Zusammenstofse
gen, für die erste Ursache, allein in Folge
der Wettersäule mitgetheilten Rotation soll si
die Erde drängen und dann erst mit Gewalt wied
werden, woraus sich das Abdecken der Häu
reifsen der Bäume erklären lasse. Eine s
Bewegung mufs, nach seiner Ansicht, in de
nothwendig eine Leere oder eine starke Verdi
rie verursachen, weil die Schwungbewegung
dem Umkreise treibt und daher durch eine
gung alle leichte und bewegliche Körper i
Die Elektricität ist zwar allezeit Begleiterin
allein sie ist vielmehr als ein Erzeugnifs de
als Ursache zu betrachten, und bewirkt, da
allen Seiten kleine Wolken ausgehn und
schleudern.

26) Uebergehn wir diejenigen Gelehrten
in der Kürze beifällig über diese Hypothese
ausführlicher von Defrance[2] und Lamark
so verdient auf jeden Fall noch der Graf Xav
genannt zu werden, welcher dieselbe durch
Experimente zu begründen sich bemüht hat.
Fig. 187. ein cylindrisches Glas von 10 Zoll Höhe u
messer, gofs 2 Zoll hoch Wasser hinein, dar
senkte dann in dessen Oberfläche eine Mühl
chen von 2 Zoll Höhe und 1,5 Zoll Breite
durch eine Kurbel umdrehn liefs. Sobald d
fähr zweimal in einer Secunde umgedreht
etwa eine Minute gedauert hatte, drehte sic
Boden, erhob sich in Kegelform, und stieg

---

1 Esprit de Journaux. 1788. Fevr. Gotha'sc
St. 4. S. 90.

2 Dict. des Sciences nat. Art. *Trombe.*

3 Annuaire météorol. 1807.

4 Bibliothèque univ. de Genève. T. III. p. 2
Journ. of Sc. T. XXV. p. 47.

ihle empor. Diese kleine Trombe hatte
Durchmesser, das bis in die Flügel der
Wasser aber wurde seitwärts getrieben
in spiralförmigen Bahnen hinab, doch so
Wasser auf diese Art aufgesogen wurde.
engte Oel verliert indefs bald seine Durch-
Laistre wählte daher ein anderes Verfah-
Cylinderglas von 2 Fufs Höhe und 9 Zoll
asser und warf eine Unze grob pulveri-
welche Substanz, nur wenig specifisch
, alle Bewegungen leicht sichtbar macht.
lagen unten, die feinsten schwebten im
Drehen des Rädchens stiegen die in der
ärts, die seitwärts befindlichen näherten
r Mitte, und so ging es in den einzelnen
s sich die Bewegung den niedergefallenen
e dann eine Trombengestalt bildeten, de-
s 7 Linien betrug und die bis zur Mühle
wegung der einzelnen Theilchen zu be-
ige Stückchen Schellack, die durch ihre
ntlich waren. Man sah sie im Centrum
e sich schnell umdrehten und eine sehr
ie durchliefen; die Mühle warf sie zur
langsam zu Boden, von wo aus sie ihre
wieder begonnen. Die kleine Säule in
nellere rotirende Bewegung, als die Mühle
röfsere Copalstücke, so wie einige Flie-
r nahen Schraubengängen langsam in die
ücke vom Boden aufgestiegen und hörte
r Mühle auf, so legte sich der gesammte
Gestalt eines Kegels nieder.
arte das Verfahren um und brachte die
m Boden des Glases an, wie aus der
deutlich wird. War die kleine Mühle Fig.
m ihre Axe gedreht, so erhielt die Ober- 188.
e konische Vertiefung, welche sich zu-
and mit ihrer Spitze endlich die Mühle
blasen trennten sich von dieser Spitze,
sunken war, bis die spindelförmig ge-
Länge des Gefäfses eingenommen hatte

und dabei ein fortdauerndes zischendes Ger
Luft an der Spitze trennte sich zwische
Mühle in einzelne Blasen, die dann zur S
den und regelmäfsig an den Wandungen
gen. Kleine und leichte Körper, als Kork
wurden in den Strudel hinabgezogen; man
durch gehörige Regulirung des Umdrehens i
nen Lagen ruhig erhalten. Dafs ähnliche
und Flüssen, welche Schiffe und Schwimm
abziehn, durch gleiche Ursachen erzeugt we
bekannte Sache. Befand sich auf der Obe
eine Schicht Oel, so bildete sich daraus e
hängende Spindel, und zwar schon durch
Drehung; ist aber die Oelschicht nicht dic
schwindigkeit der Drehung verstärkt, so
dann hohl werdenden Spindel von Oel ein
deren Spitze jedoch niemals die Mühle erreic
von der geringeren Adhäsion der Luft an d
Wasser ableitet.

Beide eben beschriebene Modificationen
den in einem dritten vereinigt, wobei die
Fig. 189 Mitte angebracht oder vielmehr durch ei
gramm von gefirnifstem Kartenpapier ersetzt
den des mit Wasser gefüllten Glases wurd
fsenen blauen Glases geworfen, auf seine
Schicht Oel gegossen. Nachdem der Sta
Parallelogramm in der Mitte fest safs, ein
war, zeigten sich zwei spindelförmige Schl
gehend, der andere aufsteigend, und beide
gesetztes Drehen vollständig ausgebildet.

Es bedarf keiner künstlichen Vorrichtu
Wasser eine solche spindelförmige, den S
serhosen frappant gleichende Gestalt zu geb
genügt ein gemeiner, etwas langer Trichter.
mit seiner Spitze abwärts so tief ins Was
etwa eine halbe Linie unter die Oberfläch
reicht, giebt man hierauf durch Herumfah
Rande des Trichters mit einem Glasstabe d
tirende Bewegung und hebt man darauf
Höhe, so bildet sich augenblicklich die s

Umständen eine Länge von 2 bis 5 Zoll
RE folgert inzwischen aus seinen Versu-
absteigende Trombe entstehn kann, wenn
n befindet, und eine aufsteigende, wenn er
oder beide zugleich, wenn er zwischen
Mitte hält, und dafs die Resultate dieser
was uns die Natur im Grofsen zeigt, die
hkeit haben. Bei den aufsteigenden Trom-
seinen Sitz in den Wolken, und seine
durch die unten herrschende Ruhe, sinkt
ere herab; bei den herabsteigenden befindet
en Wolken und dem Meere, nahe über

verschiedene Einzelheiten angeführt wer-
lende Aehnlichkeit zwischen den auf die
künstlich erzeugten Tromben und denen
ie durch die Natur im Grofsen hervorge-
f wohl keiner näheren Anzeige, denn bei
dener Aehnlichkeit im Allgemeinen lassen
ten leicht auffinden. Inzwischen glaubt
iese Versuche bewiesen zu haben, dafs die
äulen rein mechanisch sey und dafs die
Luft in den Wirbelwinden zu ihrer Her-
Dabei dürfe aber nicht gefolgert werden,
nicht gleichfalls eine entfernte Ursache sey,
licher Weise zur Erzeugung der Wirbel
haupt viel beitragen könne. Genau ge-
MAISTRE den wichtigsten Einwurf nicht
tens ihn auf keine Weise erledigt. War
unter vielfachen Modificationen sich zei-
künstlich nachzubilden, so genügte es
Oel in drehende Bewegung zu versetzen
auchartigen Formen der Luft als einer viel
oder anderer wenig specifisch schwererer
en, die eigentlich blofs durch die Dre-
in die Höhe gehoben oder herabgezogen
mufste die Luft selbst wählen und dann
urch diese das Wasser auf eine ähnliche
rmöge, als dieses in der Natur bei den
t. Wäre ihm dieses gelungen, so könnte

dann erst von einer eigentlichen, vollständig
Tromben die Rede seyn; allein dieses liegt
Bereiche der Möglichkeit, und somit ist du
Versuche im Ganzen nicht viel gewonnen.
auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

27) Nur als eine kurze Andeutung kann
was Olmsted[1] nach eigener Beobachtung ein
(§. 16) zur Erklärung derselben vorbringt.
heifser, mit Wasserdampf überladener Luf
worin sich die enthaltenen Dämpfe allmälig
sie sich in die kälteren Regionen erheben.
der Niederschlag zuerst in den höheren Regio
den, und die elektrischen Erscheinungen,
wie bei den Ausbrüchen der Vulkane, wahr
als Folge dieser Condensation zu betrachten.
gestützt auf eigene Beobachtungen (§. 16),
vollständige Theorie der Wettersäulen auf, in
seinen Aeufserungen genügend hervor, dafs e
lich zur mechanischen Hypothese bekennt.
gegengesetzte Winde nach einem Puncte mit
ten blasen, so müsse eine um einen central
Bewegung entstehn, was man gewöhnlich
nennt. Dieser Raum müsse in Folge des u
durch die entstehende Wärme so sehr verdü
er einem luftleeren nahe komme; der Druck
mosphäre auf die Basis treibe dann das Wass
me zu einer bedeutenden Höhe, und demnäc
chanische Wirkung des Windes dasselbe in
menhängenden Streifen empor, während der
den inneren Raum stets wieder fülle. Auf d
der Schlauch gebildet, das zur Wolkenregion
breite sich dort aus und nehme an Umfang u
bis die schwerere Wolke wieder herabsinke
gen auflöse. Hiergegen findet aber der un
Einwurf statt, dafs dann das Wasser aus
dem Meere gesalzenes seyn müfste.

---

1 Amer. Journ. of Science. Jan. 1836. Bibl
T. III. p. 159.

2 Edinb. Philos. Journ. N. XI. p. 95. G. L.

erwarten, dafs KÄMTZ[1] bei seiner gründ-
aller meteorologischen Phänomene auch
genauen Prüfung unterworfen habe, deren
er nicht fehlen darf. Nach den Erschei-
ns der Luft in Canälen hält er es für
ung der Wirbelwinde hierauf zurückzu-
Wasser schnell verdunstet, während die
he steigt, so kann in Folge des aufge-
s ein kalter Luftstrom in die Tiefe her-
ein Wind nach beliebiger Richtung, so
sinkende Luftmasse nach eben derselben,
fen dieser mit der ruhenden Atmosphäre
on eine wirbelnde Bewegung erzeugen,
nkende kalte Luftstrom nach allen Seiten
ht sich KÄMTZ auf die Erzählung, wel-
em Munde eines Wallfischfängers erhielt
ich wohl noch sonstige Beobachtungen,
18), hierfür geltend machen, wie denn
das Argument nicht genügt, dafs in der
ten Wettersäulen so oft völlige Wind-
diesen Fällen ist meistens ein schnelles
gebildenden wirbelnden Säule vorhan-
n später dennoch einige Schwierigkeiten
sich allerdings nicht so leicht beseitigen
ndet auch KÄMTZ es blofs wahrschein-
Wasserhosen dadurch entstehn, dafs Luft-
Regionen der Atmosphäre auf einander
schon die Ursache der wirbelnden Be-
Sind diese Luftströme heftig, ist ihre
mpfgehalt sehr verschieden, so wird der
it condensirt, und während bei den ge-
ichte Körper in die Höhe steigen, wer-
äschen herabwärts geführt, wobei die
aus gegen die Erde an Dicke abnimmt.
unentschieden, ob die Nebelbläschen
der nicht vielmehr die Condensation auch
t und somit das Herabsinken nur ein
t der Wirbelwind endlich die Oberfläche

II. S. 544 bis 557.

des Meeres, so erhebt sich dieses, zu Trop
erhält das Ansehn eines rauchenden Ofen
diese Weise die Wolke herabsenkt, das
vereinigen sich beide und es findet eine V
Meer und Wolke statt.

Inzwischen hält Kämtz es keineswegs
der Wirbelwind in der Region der Wolke e
mehr würde es voreilig seyn, bei den viel
binationen hierüber allgemeine Gesetze aufz
Richtung der Luftströme kann der Wirbe
Tiefe beginnen, in welchem Falle die V
Höhe steigen. Als Beweise hierfür werden
in denen der Fufs der Tromben zuerst
wird. Die Beantwortung der Frage, ob
massivem Wasser oder nur aus Tropfen
bestehn, kann wohl am wenigsten zweife
wird nicht leicht jemand Anstand nehmen,
Ansicht beizutreten, wonach sie aus Wasse
tropfen gemengt, zusammengesetzt sind.
können sie schon deswegen nicht bestehn,
zend und durchsichtig seyn müfsten. Eine
der Wasserhosen wird fast von allen B
Zum Beweise der grofsen Kraft des Wind
ligkeit, womit sich die Luftmassen bewege
gende Beispiele an[1]. Der Capitain Reco
1674 ein Schiff von 300 Tonnen und
dung nach der Küste von Guinea und g
8° nördl. Br. mehrere Wasserhosen, deren
Schiff zukam. Wegen Windstille konnte
und bereitete sich daher durch Einziehn
Empfange. Sie kam schnell herbei und
Schiffe anlangte, machte dabei ein starkes
das Wasser rings umher in die Höhe,
Haus oder etwas der Art hineingefallen wi
Windes dauerte fort und ergriff das Schiff
solcher Heftigkeit, dafs er den Bogsprietm
mast zerbrach, das ganze Schiff der Länge
auf die Seite warf und beinahe umgewor

1 Franklin's Werke. Th. II. S. 91 u. 52.

gerichtet, weil der Wind es in Wirbeln
uth auf der entgegengesetzten Seite er-
e Seite warf. Einen anderen Fall dieser
R. Dieser sah in dem Hafen St. Jean
drei Wasserhosen; auf der Oberfläche
ein Kreis von etwa 20 Faden im Durch-
las Wasser heftig bewegt und schnell in
de. Als sie auf das Land kam, nahm
grofse Stücke Zimmerholz, ein kleines,
s. w. mit sich fort, führte letzteres 40
weg, und stellte es wieder auf, ohne es
zuwerfen. Merkwürdig war dabei, dafs
ch West getragen wurde, obgleich die
setzte Richtung hatte. Zwei oder drei
Frau wurden durch einen in die Höhe
herabfallenden Balken getödtet.

. 1) zeigen sich nach Kämtz an wind-
Sonne mit grofser Kraft den Boden er-
ifse Luftströme stören dann das Gleich-
e, kalte stürzen später herab und geben
ung dieser Wirbelwinde, weswegen die
egenden, wo der Samum herrscht, an
am häufigsten zeigen, wo dieser Wind
ch in allen Fällen dieser Art die Bewe-
fangen scheint, so ist dieses kein Be-
Boden anfangen müsse; denn wo keine
den, fehlt es so lange an dem Mittel,
ennen, bis der in die Höhe gehobene

pothese, sofern nach derselben eine An-
Wolke und namentlich dem Wasser statt
ämtz gänzlich, und hält die bei diesen
n elektrischen Entladungen vielmehr für
n Niederschlages. Auch die drehenden
so sehr allgemein bei den Wettersäulen
er nicht als Wirkungen der Elektricität,
n in vielen Fällen auf gleiche Weise
und die von Herschel und Erman
ten wirbelnden Bewegungen des Queck-
sigkeiten um die Enden der Schliefsungs-

drähte[1] als beweisend hierfür angenommen
tet dieser interessanten Erfahrungen könne
sicht, nicht alle drehende Bewegungen
Elektricität betrachtet werden, denn es zei
bei vielen andern Gelegenheiten ohne Mitv
z. B. wenn Wasser aus einem Mühlgerin
Canale in ein erweitertes Flufsbett tritt.
sich jene Erscheinungen künstlich nachbil
Gefäfs von etlichen Zoll im Durchmesser
geringer Höhe über dessen Oberfläche eine
gegen den Horizont geneigte Thermomete
die durch ihre Axe gelegte Verticaleben
messer des Gefäfses nahe zusammenfällt,
Röhre bläst. Hierbei zeigen sich die erw
auf gleiche Weise, und lassen sich insbe
streuten Kohlenstaub sichtbar machen, ohn
deste Spur von Elektricität vorhanden ist.

Andere Hypothesen, z. B. dafs an der S
plötzlich ein leerer Raum entstehe, in wel
gesogen werde, oder dafs unterirdische Dün
gen, findet Kämtz der Beachtung nicht
Erfahrungen hält er es vielmehr für wah
Wettersäulen auf mechanischem Wege ent
mentreffen entgegengesetzter Luftströme,
absinken kalter Luftmassen erzeugt werde
Gesetzen der Mechanik Vertrauter beweif
diese Art Wirbel entstehn können.

29) Ehe wir zur Erörterung der el
übergehn, müssen wir zuvor dasjenige nä
Oersted[2] in einer gehaltreichen Abhandl
säulen gesagt hat. Zuerst stellt er die vo
nungen zusammen, welche zu diesen Met
hören, und obgleich es genügend scheint,
auf die bereits mitgetheilten ausführliche
verweisen, so erfordert doch die Vollständ
nigen Thatsachen kurz hervorzuheben, auf
von so grofser Autorität seine Hypothese

1 Vergl. Art. *Säule*. Bd. VIII. S. 67 ff.
2 Schumacher's Jahrbuch 1838. S. 228.

ist die Wettersäule eine stark bewegte
er die Oberfläche der Erde hingeht und
xe dreht, wovon der eine Endpunct sich
dere in einer Wolke befindet. Von die-
Verlängerung herab, die den oberen Theil
cht; der untere besteht, aufser Luft, bald
s festen Theilen, jenachdem die Wetter-
über Wasser geht. Die Höhe der Wet-
0 bis 2000 Fufs angegeben, doch sollen
5000 bis 6000 Fufs gehabt haben, und
sogar nur 30 Fufs angegeben wurde, so
für die ganze genommen seyn. Eine
zu einer Wettersäule, und wenn man
rührte dieses daher, weil man sie senk-
ebenden We ersäule suchte. Der Durch-
iles soll im Mittel einige hundert Fufs,
aber auch weniger betragen, wozu dann
eworfenen Tropfen gerechnet wird; die
ieselben auf dem Lande machen, sind
chschnitt des mittleren Theiles haben
en Fufs angegeben, allein Oersted
einem Luftwirbel umgeben, den man
r keine undurchsichtigen Theile ent-

der Wettersäulen ist oft durchsichtig,
ir von denjenigen, die sich über dem
hat eine Wettersäule gesehn, deren
d sie über das Land ging, undurch-
er durchsichtig wurde, als sie sich
egte. Auf dem Wasser hat man die
Theils so grofs gefunden, dafs man
Sonne beleuchtet waren, durch den-
nn eine überall undurchsichtige Wet-
erden anfängt, ziehn sich die wol-
e in dieselbe hinabgestiegen waren,
Schaum, Staub und dergleichen,
durchsichtig machen, nun nicht län-
werden, so wird auch der mittlere

in keinem der vielen oben mitge-

theilten Fälle, aufser bei den Sandwirbel
senheit blofs durch die empor gehobenen
von Undurchsichtigkeit, stets dagegen v
minder dunklen, in der Mitte etwas h
vielmehr von einem nebelartigen Schlauche
lerdings beobachtete man häufig den unteren
über dem Wasser, und oben eine Wolke;
gewagt seyn, zwischen beiden einen durch
selbst nicht sichtbaren Theil als wirklich
men; gegen eine Durchsichtigkeit, wie die
ten aber alle Beobachter, wie Kämtz erw
erklären. Es wird sich aber in der Folge
zeichnung der Durchsichtigkeit nur insof
sich Bewegungen im Innern der Schläuche
Das Sehen einer Wolke durch dieselbe m
ruhn lassen.

„Die Wettersäule hebt und senkt si
„reifst daher an einigen Stellen die Bäum
„an andern die Krone, und berührt sie
„nicht. Die kreisförmige Schnelligkeit
„beständig, aber fast alle Beobachter er
„keiner widerspricht dieser Angabe, allein
„keine kreisförmige Bewegung, so lange
„der Erde in Berührung kommt. Man ha
„abwärts gehende Bewegung in der We
„men, versteht sich die eine der Mittellini
„Auch Schraubengänge sind in den Wetter
„zuweilen die einen rechts, die andern link
„Rabe sah bei einer Wettersäule in Lala
„andere leichte Gegenstände in Windunge
„tersäule hinaufsteigen."

In Beziehung auf die verheerenden
die Wettersäulen anrichten, führt Oerst
Wasserhose auf Christiansöe den Hafen
den eines grofsen Theiles des Bodens au
die herrschende Ansicht, dafs in den Fä
körner, Thierchen und dergleichen herab
einer Trombe herrührte. Vorzugsweise h
hervor, welche die Gegend von New

Richtung von West nach Ost fand man,
me, welche in der Mittellinie ihrer Bahn,
erselben, umgeworfen waren, mit dem Gi-
agen, wodurch sich ein Luftstrom in der
, den die Wettersäule genommen hatte,
agen diejenigen Bäume, welche weiter hin-
gefallen waren, zwar mit dem Gipfel ge-
t gerade aus in dieser Richtung, sondern
Mittellinie dieser Bahn gekehrt. Dabei ent-
n Anfange eine entgegengesetzte Richtung,
ach West, an jedem Orte statt gefunden
rfaulte und spröde Bäume, die also zuerst
unter den andern lagen und derjenigen
ren, woher die Wettersäule kam. „Die-
eicht erklärt, wenn man annimmt, dafs
Nähe der Erdoberfläche gegen den Mittel-
tes überall sich bewegen, an welchem die
gegebenen Augenblick sich befindet, wor-
die vordere Hälfte derselben Zuströmun-
che Richtung die überwiegende war, statt
rend die westliche Richtung in den Zu-
hintere Hälfte die herrschende war.“ An
die umgeworfenen Bäume einem gemein-
cte zugekehrt.

fährt Oersted fort, thaten dar, dafs
Luft im Innern der Wettersäule, und
Grade, statt gefunden hatte. Nicht nur
n Decken der Häuser waren abgehoben,
len aufgebrochen, welches nicht leicht zu
n nicht annimmt, dafs der Luftdruck von
d stark verringert worden war, so dafs
der eingeschlossenen Luft ein bedeutendes
mufste. Viele andere Wirkungen dieser
bestätigen dieses. Wände und Fenster
worfen. In einem Hause, welches durch
gelitten hatte, war ein Betttuch in die
drängt und safs so fest darin, als ob es
pft wäre; ebenfalls fand man ein Schnupf-
er entgegengesetzten Wand. Diejenigen
die Wettersäule aufgehoben hatte, waren

nach der Nordseite hingeführt, mehr oder
nach ihrem gröfseren oder geringeren Gew

Hinsichtlich der übrigen begleitenden
tersäulen erwähnt Oersted das Bekannt
wahrgenommene Getöse, den Geruch, fe
auf dem Meere als auf dem Lande, und
zeigen, wo Windstille oft mit Unwetter
trischen Erscheinungen, als Blitzen, Donn
ten, so dafs man das Versengtseyn des
sind die Wettersäulen in den meisten Fä
selten folgt auf sie Hagel oder Regen
Oersted fand nur einmal den gleichze
angegeben, und wünscht mit Recht, dafs
gaben vorhanden seyn möchten. Es war
am 16ten Juli 1785, wo der Baromete
28 Z. 5 Lin. gewesen war, um 7 Uhr
Lin. fiel, worauf um 8 Uhr die Trombe
tag das Barometer seinen früheren Sta
Wenn behauptet wird, der untere Theil
stehe in einigen Fällen zuerst, so soll
seyn, weil der Luftwirbel unsichtbar blei
mit Dünsten oder Wassertröpfen angefü
Bewegung im Fufse der Wasserhosen h
Kochen verglichen, und geglaubt, es w
Dunst- und Nebelmasse bestätigt, die
schwebt; allein de la Nux, welcher w
Bourbon die dort zahlreichen Wasserhos
hauptet, dieser Dunst sey nur scheinbar
grofsen Menge aufsprudelnder Wassertro
meint dagegen, es sey dieses nicht stets
ten sich wohl Dünste um das bewegte W
dieses einen geringeren Wärmegrad habe
die in derselben enthaltenen Dünste abkü
der Wettersäulen soll sich da befinden,

---

1 Die Beschreibung des Meteors findet
T. VII. p. 70. Auch bei der Trombe zu Escl
rometer nach derselben, bei der zu Constanz
der Barometerstand nicht geändert haben, der
der dasselbe beobachtete, dieses angegeben.

in den Wolken verliert. Kurz vor dem
, die sich unfern von Eu zeigte, sah man
eilen und einige in der entgegengesetzten
gehn, welches auf eine darauf folgende Um-
Ein aufmerksamer Beobachter, Holm, be-
mbe in der Nähe von Kopenhagen durch
n unteren Wolkenschichten eine drehende
öher liegenden; vom oberen Theile der
weifse Wolken aus, die eine wirbelnde
Wettersäule selbst, hatten. Auch nachdem
atte, behielten die Wolken die drehende
war nicht blofs diejenigen, die den obe-
t hatten, sondern auch die übrigen, in
von sich befindenden.

ht der hier vorzugsweise hervorgehobenen
n vermuthen, dafs sich Oersted gänzlich
r mechanischen Hypothese anschliefsen
eine Wettersäule ein Luftwirbel, an sich
die Luft selbst, und blofs die mit Dün-
nd festen Körperchen angefüllten Theile
Weder in der Erde, noch im Meere oder
e der Erde sind die Bedingungen enthal-
bel hervorbringen könnten, und sie müs-
n Regionen ihren Ursprung haben. Durch
ng der Wettersäule streben alle Theile
en Umfang. Rings um diese entsteht
tverdünnung, und so lange der Wirbel
hat, mufs die untere Luft in die ent-
gen, die dadurch entsteht, dafs die um-
eich in die Höhe steigen. Die Luft mufs
herzuströmen, und wenn keine beson-
ende Bewegung vorhanden ist, müssen
enstände einem gemeinschaftlichen Mit-
eyn; bei grofser Schnelligkeit des Fort-
Einfluss beider Kräfte auf die Richtung
lange die Wettersäule die Erdoberfläche
t, mufs im Innern derselben ein auf-
n herrschen, welcher die emportreibende
ht. Stöfst sie auf Gebäude, so kann die
gehemmt seyn; hierdurch entsteht eine

grofse Luftverdünnung um das Gebäude her
selben, so dafs die darin eingeschlossene
Wände auswärts, Dächer, Decken und ande
welche Luft unter sich haben, aufwärts trei

Eine so lange Röhre, als diejenige, wel
trifugalkraft in der Wettersäule gebildet wir
strömungen von unten nicht hinlänglich aus
ein Theil der Wolkenmasse mufs daher i
Die der Axe nächsten Theile werden mit
herabwärts getrieben, in einem gewissen
werden die Theile durch die Centrifugalkraf
lich gehindert. Hieraus erklärt sich leicht
Gestalt der Tromben. Steht der Luftwir
Meere, so mufs dafs Wasser unter demsel
mittelst der Verdünnung der darüber befindl
der von allen Seiten zuströmenden Luft.
im Wasser enthaltene Luft dem darüber be
ausgefüllten Raume zustreben, vorzüglich
sich in einer lebhaften Bewegung befinde
dann, dafs das Wasser während des sich
bels emporsteigt, schäumt und brauset. W
mit der Erdoberfläche in Berührung kommt
Lande oder über dem Wasser, so müssen
die Centrifugalkraft auswärts geführt werd
mungen aufhören. Die Bewegung der L
leicht beweglichen Körpern mit, und sie
selbst eine Bewegung, nicht blofs auswärts, so
Dieses geschieht auf folgende Weise. Die
breitet sich nach unten zu und schleudert
oder Wassertropfen, jenachdem das Met
Lande oder über dem Meere befindet, ausw
hin; auf dem geraden Wege auswärs finde
einen grofsen Widerstand in der sie umgebe
sie steigen müssen, während sie sich von
fernen. Daher kommen die Vertiefungen
das Entblöfsen des Bodens seichter Gewäss
über dem Meere, so kann man sagen, da
um den Fufs derselben einen grofsen K
benem Wasser mit einer sprudelnden und
fläche bilde.

erhalten die in der Wettersäule aufstei-
rch die Umdrehung zugleich eine spiral-
und Körper, die in ihnen herabfallen,
ufstiegen, oder auch Regentropfen und
gleichfalls eine drehende Bewegung an,
rchkreuzt. Man hat daher zwei solche
egungen, die eine rechts, die andere links
hsichtigen Wettersäulen wahrgenommen.
llen dann durchsichtiger seyn, als die auf
elmehr soll ihre Undurchsichtigkeit blofs
en befindlichen Regentropfen oder Wol-
. Da die obere Luft in den im Innern
dlichen luftverdünnten Raum herabsinkt,
n Fällen, wobei der Wirbel hoch über
ht, diese Luft sehr kalt seyn, mithin
wirken, der häufig in Gestalt grofser Re-
körner herabfällt. Man kann sich dann
gefrorenen Theile bei diesen Bewegungen
, bald in Berührung mit wärmerer und
en, wodurch die einzelnen Eisüberzüge
lich werden. Die begleitende Elektricität
beitragen, eine gröfsere Mannigfaltigkeit
zubringen, und insofern Volta's Ver-
ndung finden. Hiernach dürften also alle
en solcher hoch über die Wolken hin-
el seyn[1].

ien Erscheinungen, welche die Wetter-
Oersted mit Recht für eine Folge des
ges, und es läfst sich dann hieraus zu-
m sie mitunter kleine Wolken anziehn
Wenn man aber in neueren Zeiten an-
hung derselben aus einem in ihnen vor-
Strome und dem Einflusse des tellurischen

es Hagels läfst sich nach einer dieser ähnli-
e die Annahme von Wirbeln recht gut erklä-
Bd. V. S. 68 ff. Dafs aber mit den zur Bil-
r Niederschläge überhaupt erforderlichen Be-
ht, und in gewissem Sinne nothwendig, ver-
r nahe und bedarf keiner weiteren Nach-

Magnetismus auf diesen abzuleiten sey, so
einwenden, dafs den vielen Erfahrungen n
durch eine Wettersäule einen elektrischen
sächlich aber müfsten bei so starker vor
Ladung der Wasserhosen, als zu dieser
wäre, die Compafsnadeln der ihnen nahen
sie abgelenkt werden, was aber nie bemerkt
selbst dann nicht beweisend seyn könnte,
wahrgenommen würde. Die vorhandene
Wirkung, aber nicht Ursache der Tromben
dann denselben Geruch, als bei Gewittern
Getöse soll eine Folge zusammenstofsende
der oft wahrgenommene pfeifende Laut a
der Luft von unten herauf in die Wettersä
beiden Hypothesen stehn nicht wohl zu
entgegen. Zuerst sind nicht in allen, ja s
nigsten Wettersäulen Hagelkörner vorhand
welche über Schiffe weggingen, dicht b
vorüberzogen oder in denen selbst sich Me
die völlige Abwesenheit alles Regens und H
statirt. Auf gleiche Weise würde es ab
Canal, oder mindestens eine sehr enge, d
gen eingeschlossene Oeffnung dieses Canals
aus dem Einströmen der Luft in denselb
Gesetzen ein Pfeifen entstehn sollte. Wie
es absichtlich Schwierigkeiten suchen, we
nomene aus andern, als bereits bekannte
wollte. Das Aufbrausen des Meeres ist b
eine genügende Ursache zur Hervorbringu
wahrgenommenen Getöses, das Rauschen
selbst wenn er bei heiterem Himmel blofs
gionen statt findet, ist nach sehr allgemeine
unter so stark, dafs dasselbe aus gröfserer
demjenigen gleichen kann, welches die W
und unter den mancherlei Luftbewegungen,
der Trombenbildung verbunden sind, könne
Weise, als bei den Strömen, solche vorha
seltener wahrgenommenen pfeifenden Ton g

Nach allem diesen hält sich also Ger
dafs ein Wirbel, welcher in den höheren

u verbreitet, als nächste Ursache der
hten sey. Zugleich wirft er aber die
ese Wirbel entstehn, und glaubt, dafs
ler parallele und in entgegengesetzter
ftströme füglich entstehn können, die
beren Regionen annehmen dürfen, wenn
en vollkommen ruhig sind. Obgleich
tfahrt auf eine solche, im Wirbel be-
ist[1], so fehlt doch der Beweis, dafs
Zeit der Luftwirbel wirklich vorhanden
bedenken, dafs sie häufig seyn müssen,
Existenz sehr wahrscheinlich. Wir wis-
tgegengesetzte Luftströmungen bei unten
nit einander kämpfen, so wie auch, dafs
esetzten, durch den ungleichen Wärme-
und über dem Meere hervorgebrachten
s zu einer bedeutenden Höhe erstrecken
in grofser Bewegung befinden, während

itgetheilten Theorieen gehören zu den
gen dem Wesen nach ähnlich, welche
BROEK aufgestellt wurde und dann in
mit einigen Modificationen so gewich-
Die bedeutenden Anhänger derselben be-
einer blofsen Angabe, dafs diese Me-
Wirbelwinde gehören, sondern sie be-
zelheiten der Phänomene der Hypothese
ist dieses der Fall bei der Mehrzahl von
r *elektrischen Hypothese* bekennen, doch
eichfalls diese Ansicht mit grofsem Aufwan-
terstützen gesucht. Bekanntlich findet BEC-
sache aller meteorologischen und so vieler
der Elektricität, und diesemnach sollen

chweisung dieses Falles und eine genaue An-
findet sich hier nicht; handelt es sich blofs
en, so gewahrt man solche häufig, aber diese
ngung der Tromben. Sonstige Zweifel sind
en.

[1] iale e naturale. 1753. 4. Lettere dell' elettri-

auch die Wettersäulen durch elektrische
der Wolke und dem Erdboden oder der S
diese Ansicht hegt Brisson[1], Cavallo[2]
erste, welcher sie durch Versuche zu begrü
man einen grofsen Wassertropfen auf den
geladenen Flasche, und nähert man ihm
dern Flasche, welcher mit der entgegeng
geladen ist, so wird er auf eine seltsam
spritzt. Hängt ein grofser Wassertropfen
elektrisirten Leiters und nähert man ihm
chen, mit der Erde verbundenen, leitende
er sich kegelförmig aus und nimmt die
Wasserhose an. Giebt also eine einzel
Wolke dem Wasser oder dem Erdboden
kungskreis die entgegengesetzte Elektricit
schen beiden eine starke Anziehung, welch
förmig herabzieht, das Wasser aber oder
porhebt, bis sich ihre beiden Elektricitäten
mittelbare Berührung, oder durch einen B
durch die Erscheinung augenblicklich auf
Theil der Säule in die Wolke zurückgezo
untere herabfällt. Die wirbelnde Bewegu
scheint bei Cavallo mindestens einigen
haben, da er diese bei seinen Versuchen n
nur selten durch Zufall entstehn sah. Inzw
hierbei auf Becket[3], welcher die Vorsch
die für den sogenannten *elektrischen Reg*
schen Puppentanz dienenden Breter auf 4
ander entfernen, um den Mittelpunct des
Kleien und sehr kleine Papierschnitzel lege
wenn das obere Bret mit dem ersten Cond
der Erde oder dem isolirten zweiten Cond
jene leichten Substanzen wechselsweise a
stofsen sehn. Becket setzt dann hinzu:
„bei diesem Versuche, und was die genau

---

1 Mém. de l'Acad. de Paris. 1767.

2 Vollständige Abhandlung von d. Elektric
3te Aufl. S. 200. 4te Aufl. Th. 1. S. 67 u. 241.

3 Essay on Electricity. p. 141.

t, ist dieses, dafs bisweilen, wenn die
k ist, sich eine Menge Kleien und Papier
mmelt, eine Art von Säule zwischen den
zlich aber eine schnelle horizontale Bewe-
ı wie eine beständig herumgedrehte Säule
r Breter begiebt, von da aus aber auffliegt
weit umher zerstreut. Ich gestehe, dafs
Stande bin, diese aufserordentliche Er-
en; ich nenne sie aufserordentlich, weil
igt, weil sie entweder von einem gewissen
g und der Menge der Kleien, oder von
eiden Breter abzuhängen scheint, und weil
mmen gelingt, wenn es nicht zufällig ge-

it dem Verhalten der Elektricität vertraut
chwierigkeit finden, diese Phänomene zu
er Stärke der Isolirung, der Trockenheit
sität der elektrischen Spannung u. s. w.
e es bei unsern mächtiger wirkenden Ma-
ver seyn, solche Versuche in gröfserem
und weit auffallendere Bewegungen her-
werlich dürfte es gelingen, die eigenthüm-
gung, die sich in den Wettersäulen fin-
zurufen, und wollte man diese und die
derselben unmittelbar von der Elektricität
liese in einem solchen Grade der Span-
nden seyn, dafs sie sicher von denen
ı wäre, die sich nahe bei ihnen oder ganz
EIMARUS[1] wagt daher nicht, die Ursache
g bestimmt anzugeben, glaubt aber doch,
ke liege und durch Elektricität hervorge-
er sich vorzüglich auf die Beobachtungen
Hierin findet er den Grund, warum die
starken Stürmen entstehn, weil letztere
eine bestimmte Axe stören, desgleichen
jedem Gewitter, in manchen Gegenden
, als in andern sich zeigen, weil die zur

5 ff.
dlingen. T. III. p. 321.

Erzeugung der Wirbelbewegung erforderliche
überall gleich sind. Den Einwurf, dafs nic
mit Blitzen aufhören und manche nach erfo
oberen und unteren Theiles noch fortdauern
die Bemerkung, dafs man die Blitze nicht
Bewegung aber nach aufgehobener Ursache
in Folge der Trägheit fortdauern müsse.

33) Michaud[1] giebt zwar keine nur
heiten der Erscheinungen eingehende Theor
erklärt sich aber bestimmt gegen die dur
aufgestellte, und setzt hinzu, er halte es
eine künstliche Wasserhose mittelst der E
Kleinen ebenso nachzubilden, als dieses bei
geschehe. Auch von Horner besitzen w
kannt, keine vollständige Theorie der Wet
der Aeufserung: „dafs die Landtromben h
„zerstörender sind, als die Wasserhosen, w
„durch das Entgegenkommen des Wasser
„der Elektricität erhalten oder hergestellt u
„kung geschwächt wird," läfst sich mit
auf seine Vorliebe für die elektrische H
Nichts weniger als bestimmt für diese erk
(§. 15), indem er sagt, es seyen noch kei
genug vorhanden, um zu entscheiden, ob d
schen Ursprungs, oder blofs mechanische
Wirbelwindes sind. Dagegen leide es kein
in den meisten Fällen von elektrischen Ers
werden, und dafs die aufsteigende Spiralbe
von einer kräuselnden Bewegung der Luft
das Zusammentreffen zweier entgegengesetz
Bestimmter drückt sich hierüber Th. Youn
ner Meinung sind die Wettersäulen, wen
Ursprungs, doch mit der Elektricität wahr
Verbindung stehend, und wenn das Ganze de
tenden Schein giebt, so dient dieser vielle
tricität von der Wolke zur Erde zu führen

1 Mém. de l'Acad. de Turin. T. IX. p. 3
XXX. p. 284. G. VII. 64.

2 Lectures on Nat. Philos. Lond. 1807. T. I

rklären, wenn man die Trombe als einen
et, welcher Wassertropfen in die Höhe
Oberfläche der Wellen getrennt hat, die
eicht von einer Mitwirknng der Elektrici-
die in den benachbarten Wolken bereits
inen Anhänger der elektrischen Hypothese
ARE[1], und er glaubt noch obendrein der
er die Ursache der Tromben in der Elek-
seiner Ansicht soll die Elektricität eine
von allen Seiten her nach der Axe der
dieser aufwärts bewirken.

ieden für den elektrischen Ursprung der
ch POHL[2], und es ist ihm auch nach ge-
eichtes, alle Einzelheiten aus dieser Hy-
ie er vorzugsweise auf die wirbelnde und
derselben gründet. Dafs der eigentliche
Wettersäulen ein elektrischer Ausglei-
n Atmosphäre und Erde sey, scheint ihm
Merkmalen unverkennbar hervorzugehn,
die es versuchten, sich über den Entste-
aft zu geben, bei aller Verschiedenheit
einverstanden seyn sollen. Die Gewitter
unterscheiden sich daher nur dadurch
i jenen die Ausgleichung in momentanen
n dagegen in einer continuirlichen Strö-
phäre zur Erde oder umgekehrt besteht.
nd weit verbreiteten elektrischen Span-
rde und den höheren Regionen der At-
r Drang zur Ausgleichung an zwei ge-
en concentriren und unter begünstigen-
mosphäre eine continuirliche Entladung
iden liegende Luftsäule erzwingen kön-
mnach als Verbindungsdraht, und ist zu-
lektromagnet, welcher als solcher durch
n einer auf den magnetischen Meridian
entweder von Ost nach West, wenn

urn. 1837. April. Biblioth. univ. 1837. Sept.

r die ges. Naturl. Th. IV. S. 181.

positive Elektricität aus der Erde aufsteig
nach Ost, wenn die positive Elektricität
kommt, fortgetrieben, und zugleich na
setze der progressiven Fortschreitung in
tung auch um seine Axe gewirbelt wer
übereinstimmend hatte die zu Bonn beob
(§. 8) eine der senkrechten Richtung auf
wohl entsprechende Richtung von SW. n
doch zu berücksichtigen ist, dafs locale
die magnetische Declination bedingte
können.

Sofern also Pohl die Wettersäulen
betrachtet, durch welche die Elektricität
mosphäre zur Erde und umgekehrt strömt
durch den tellurischen Magnetismus in roti
setzt werden. Hierbei bezieht er sich auf
verschiedene Apparate angegeben worden sin
tromagnetische Leitungsdraht der hydroelek
den tellurischen Magnetismus während 1
umgedreht wurde, und bei der Gewalt
Elektricität, die unglaublich stärker als die
soll, müfste die Umdrehung noch schnelle
angenommen, dafs nur eine Umdrehung de
rend fünf Secunden erfolgt, so würde doc
messer von 500 Fufs die Geschwindigkeit
mehr als 300 Fufs in einer Secunde betr
schwindigkeit eines Orkans um mehr als
trifft und die furchtbaren Wirkungen dies
macht[1]. Es soll ferner eine einfache Fo
Kraft der Elektricität einerseits und der
der Trombe andererseits seyn, dafs das W

---

1 Bei den Staubwirbeln bemerkt man eber
kung mit gröfserer Entfernung vom Centrum wi
sie sich in der Mitte zu concentriren und das
der Hebung zu haben. Ueberhaupt darf man
Luft, deren Theile so wenige Adhäsion zu eina
vermerkt das Verhalten starker Körper unterschi
bei Volta's Theorie vom Hagel nicht zu übersc
ken keine festen Breter sind, womit man die Ve
Tanzes anzustellen pflegt.

d, in Spirallinien in ihr auf und ab ge-
mufs die Bewegung der auf- und absteigenden entgegengesetzt seyn, sobald die
nur etwas gegen den Horizont geneigt
Beobachtungen übereinstimmt.

ist bereits durch Oersted genügend wider-
und es läfst sich nur noch etwa als eine
n, dafs wir keinen Grund haben, anzu-
ität könne auch bei dem höchsten Grade
mit Luft und obendrein zuweilen mit
, mehrere hundert Fufs hohen Raum so
rfordert wird, wenn Elektromagnetismus
es giebt auch keine Erfahrung, welche
Folge der sie durchströmenden Elektri-
den wäre. Das sehr hohe Aufspritzen
starker Wasserhosen ist ohnehin aus die-
klärbar, denn der in Folge durchströ-
gnetisch gewordene Leiter zeigt weder
fsung, was auch der Natur der Sache
kann.

nalität erwähne ich hier die Frage, wel-
r Gelegenheit aufwirft, nämlich ob wohl
euerkugelstoff in Gasform bestehn, da
tung von O. nach W. und umgekehrt
bekanntlich nicht der Fall, und wenn
estlichen Europa beobachteten Trom-
ichtung hatten, so leitet Kämtz dieses
de ab, dafs gerade diese Richtung den
im westlichen Europa eigen ist; au-
die aus den Feuerkugeln herabfallen-
als dafs wir glauben sollten, sie könn-
fen oder Hagelkörner, die gewöhnli-
omben, zum Vorschein kommen.

d eifrigste Vertheidiger der elektrischen
zu dessen Ansichten sich auch Becque-
sie ohne Einwendung ausführlich auf-

d'Électricité et du Magnétisme. Par. 1840.

der Erde genügend nähern und sich dur
anderer, den Boden berührender und als
ken ohne Explosion entladen. Es ereign
auf der Erde befindliche Körper unter
kehrten Kegel gleichenden Wolken, je
fähigkeit, Gestalt, Ausdehnung und ihre
Boden als Leiter dienen. Leichte, entg
Körper werden gegen die Trombe angeho
und fallen dann wieder zurück, um aufs ne
und abermals aufzusteigen, wodurch sich
ungeheure Staubwolke bildet. Bäume und
befestigte Körper werden augenblicklich
tricität geladen, die Erde nimmt die näm
der anziehenden Kraft der Trombe, und
als auch in der Erde befestigte Gegenstän
rissen, während die benachbarten unbesch
die Gegenstände Leiter, so leiden sie die
namischen Elektricität. Sind die Wolk
dicht, um eine dauernde Leitung der Elek
zeigen sich plötzliche Entladungen durch
also die Tromben nichts anderes, als unvol
schen den Gewitterwolken und der Erde.

Das begleitende Getöse hält Peltier
Menge schnell auf einander folgender
und es ist daher nach der ungleichen
schieden; am stärksten zeigt es sich an d
Tromben, die über das Land hingehn, w
der beweglichen Gegenstände, die den Le
dem Wasser zeigt es sich weniger wege
tungsfähigkeit der wässerigen Theile.
schiedene Bewegung der Luft in Folge d
Abstofsungen, denen sie unterworfen ist,
gegengesetzter Strömungen von ungleicher
gend, sucht er zu zeigen, wie sich die
in eine mehr oder weniger bestimmte k
wonach also das Meteor bald die eine, ba
Bewegungen zeigt. Die künstlich nachg
der Elektricität auf das Wasser zeigen si
bei den Wasserhosen. Ist der beim Versu
durch eine ebene Fläche begrenzt, oder

ergrößern geneigt ist, dennoch ohne scharfe
nen zu seyn. Waren wirklich einige Bäume
ersplittert und die Stücke weit umhergeschleu-
ürde es weit weniger gewagt seyn, dieses von
litzschlägen abzuleiten, wodurch diese Bäu-
en und welche den Tromben in der That
en, als diesen Meteoren eine so enorm hohe
gen. Was übrigens die versengten oder, wie
llen, verdorrten Blätter betrifft, so ist nicht
ob diese unmittelbar nach dem Verschwinden
cht wurden, denn sonst wäre es nicht so
abgerissene Blätter in der Wärme, die so
n folgt, am 18ten Juni in wenigen Stunden
orden wären.

von diesen, nach den erhobenen Zweifeln
nügend constatirten Thatsachen, so kommt
Wettersäulen im Wesentlichen auf zwei
e aufsergewöhnliche Anziehung mancher
des Wassers bei den Wasserhosen, und eine
ung, welche ganz ungewöhnliche, zuwei-
e Verheerungen anrichtet. Hieran liefsen
wässerigen Niederschläge knüpfen, allein
egen ihrer nahen Verwandtschaft mit Ge-
ären, dafs sie ganz unberührt bleiben kön-
e Getöse endlich ist schon oben (§. 31),
iedigend erledigt worden, und kann nicht
, sobald nur die Hauptsachen auf physi-
enügend zurückgeführt worden sind.

wir zuerst die enormen Wirkungen, wel-
nd fortschreitende Bewegung der Luft an-
se keine andern, als welche durch heftige
kane hervorgebracht werden, sofern blofs
eübten Gewalt die Rede ist. Es geht also
ervor und läfst sich auch durch Rech-
die Luft bei hinlänglich schneller Bewe-
ngen anrichten kann, als wir bei Orkanen
ahrnehmen[1]; einige Eigenthümlichkeiten
er offenbar Folge der bei ihnen unzwei-

1. *Geschwindigkeit u. Stärke desselben.*

felhaft statt findenden, ganz eigentlich kr
Hiermit kann man sich dem Anscheine
weilen vorausgesetzt wird, begnügen,
blofs noch die Frage zu erledigen, auf
durch welche Ursachen nicht sowohl die f
gung, die mit der der Winde zusammenfä
rotirende erzeugt werde, und dieses bezw
über aufgestellten Theorieen; allein es i
verkennen, dafs die Tromben einige selten
zeigende Erscheinungen darbieten, die sic
liche Luftbewegungen zurückführen lassen,
dann noch die Hauptfrage übrig, auf welc
belbewegungen entstehn.

Zunächst in Beziehung auf diese letzt
allezeit als die wichtigste betrachtet hat,
keiten nach meiner Ansicht keineswegs
wenigsten bin ich geneigt, der Hypothese
einander parallele, aber in entgegengesetzt
Winde eine zwischen ihnen befindliche L
tirende Bewegung versetzen sollen. Die
allezeit genau oder fast vertical und setzen
ticaler Ebene bewegte Luftströmungen vo
zontale und in entgegengesetzter Richtung
der Natur der Sache nach ungleich häufig
sich auch nicht selten als wirklich vorhan
doch irgend einmal eine horizontale Wette
seyn, wovon aber durchaus kein Beispiel v
Umstand mufs bei jeder Theorie berücksichti
aber leicht erledigen. Die Luftbewegung
schon von selbst die Tendenz zur vertic
die ungleiche Dichtigkeit in Folge versc
oder entstandener Niederschläge entweder
haupt erzeugt, oder auf jeden Fall bedinge
folgert daher (§. 28) sehr richtig, dafs
Weise, namentlich durch die Einwirkung
auf den Erdboden, erhitzte Luft leicht zum
werden könne, und wenn wir dann anneh
erhitzten Luftschichten anfangs zwar nur
dadurch aber allmälig zu stets gröfseren
läfst sich leicht zeigen, dafs eine so exorbit

jenige Geschwindigkeit erhalten könne, die
g ihrer gewaltsamen Wirkungen beilegen
iche umgekehrte Effect findet statt, wenn
absinken, und wird noch beträchtlich er-
lasticität der Luft dann durch wässerige
edeutende Verminderung erleidet. Ist aber
ual vorhanden, so bietet die Erklärung der
n Schwierigkeiten mehr dar. Alle in Was-
die in der Luft frei schwebenden Körper
risch auf sie wirkende Kräfte sehr leicht
gung an, z. B. die grofsen Eismassen in
Luftballons u. s. w., und man beobachtet
den Schornsteinen aufsteigende Rauch, so
schwebende Körper diese wirbelnde Be-
kein Wunder also, dafs die statisch frei
en sehr bald durch die verschiedensten Ur-
de Bewegung versetzt werden, deren Ge-
e sehr leicht um ein Vielfaches übertreffen
Eismassen der Polarmeere das Erstaunen
Viele haben gerade die Wirbelbewegung
r Elektricität betrachtet, allein es bedarf
gleich sie neben andern Ursachen gleich-
l selbst wohl bedeutendem Einflusse seyn
ofser Vehemenz wirbelnde Luftsäulen, die
nglaublich schnell fortschreiten, genügen
ng der schrecklichen Verheerungen, wel-
anrichten, und da sie nicht in regelmä-
tung fortschreiten müssen, sondern sich
lt herabsenken können, so wird hieraus
h auf den Rhein stürzende Trombe (§. 8)
en Boden verdrängen konnte.

n hierdurch, was blofs der mechanischen
einige Erscheinungen nicht erklärt. Al-
m bekannten Versuche von Clément[2]
, dafs die mit einer gewissen Geschwin-
Luft, wenn sie vermöge der Trägheit
keit da beharrt, wo sie sich weiter aus-

Gefrieren desselben. Bd. VI. S. 1696.
atik. Bd. VII. S. 679.

breiten kann, einen luftverdünnten Raum
hieraus nicht folgern läfst, dafs im Innern
ständiges Vacuum vorhanden sey und Ge
durch den äufseren Luftdruck emporgehobe
darin einen Gegengrund findet, dafs ein h
von unbestimmt dicken Wandungen nicht
liche Luftmasse haben könnte, um die bek
Wirkungen zu äufsern, so lassen sich doc
manche räthselhafte Erscheinungen erkläre
tersäulen darbieten. Dahin rechne ich,
Zimmern, durch welche dieselben ihren Za
ren und Fenster bald nach innen, bald
und Gegenstände in Oeffnungen und Ritze
die heftig bewegte Luftmasse kann in ei
mer je nach den vorhandenen Bedingung
breiten, als auch comprimirt werden.
mufs aufserdem in Folge des unüberwin
den der feste Boden oder sonstige für sie
stände ihnen entgegensetzen, an denen si
die Bewegung bald aufwärts, bald abwärts
hieraus wird in Verbindung mit der starke
reifsen und Aufheben von Bäumen, Pfähl
von überall nicht festsitzenden Körpern e
den Berichten nach geplattete oder gepfla
ihnen emporgehoben seyn sollen, so schein
als für das hohe Aufbrausen des Wassers,
bewegung zur Erklärung nicht genügend.

Für diese und einige andere Erschein
geneigt, die Mitwirkung der Elektricität i
men. Man findet bekanntlich in der Re
sehr häufig den gepflasterten oder mit
Boden aufgerissen, und da in den Trombe
elektrische Spannung herrscht, so ist es
anzunehmen, dafs in einzelnen Fällen ge
aus ihnen in die Erde fahren und die g
hervorbringen, ohne dafs man diese Blitz
stimmt sieht oder ihren Donner hört, ent
in dem gesammten Gefäse verliert, oder di
einen Schlauch oder eine Röhre, nicht genügen
schnell wirbelnde Bewegung ohnehin die Er

nnte. Da sich überhaupt ähnliche Wolken,
dtromben bilden, so häufig in starken und
Blitzen ihrer Elektricität entladen, so dürfte
en, dafs diese so selten während der Dauer
neistens erst unmittelbar mit und nach ih-
wahrgenommen werden, und es führt dieses
, dafs diese gleichsam nothwendig bedingten
en den Wettersäulen und der Erde aller-
ögen. Es ist nicht nothwendig, dafs hier-
en höheren Wolken ausgehn und zur Erde
dient die Wettersäule dazu, sie der Erde
bei zugleich zu berücksichtigen ist, dafs die
, bei den sogenannten schweren, niedrig
, ausfahrenden Blitze nicht eben die un-
ndem im Ganzen vielmehr das Gegentheil
iesen hiernach höchst wahrscheinlich statt
Entladungen der Landtromben lassen sich
e andere Erscheinungen erklären, wobei
folgert werden kann, dafs sie allen Trom-
gleitend angehören.

ise scheint mir eine blofse Wirbelbewe-
, um das nicht selten der Bildung des
ende und nach dem Verschwinden des-
nde Aufbrausen des Wassers daraus abzu-
dasselbe zu grofsartig, zu gewaltsam und
genthümlichen Beschaffenheit ist, als dafs
mit genügendem Grunde zurückführen
ns vor, wie, so oft das Meer aufzubrausen
der erst etwas später an irgend einer Stelle
lauch sich konisch herabzusenken anfängt
h nur kurze Zeit, durch eine Luftschicht
hr Fufs von einander entfernt sind, so
chwer, sich von dem erzeugenden Wirbel
zu machen. Die Annahme, als entstehe
fall gleichzeitig oben und unten, dürfte
ebenso die Voraussetzung, dafs die zu
nommenen Winde sich in der ganzen,
verticalen Ebene bewegen sollten, was
it der gewöhnlich rings umher herrschen-
lich ist. Ein Herabsinken des Wirbels

zweifelhaft, wobei vorzüglich noch berücksichtigt
dafs bei hochgesteigerter elektrischer Spannung
allezeit eine entgegengesetzte Spannung des
det, ohne welches Verhalten die Erscheinungen
t erklärbar seyn würden, und es bleibt daher
ch, ob wir der Elektricität, wie sie in den
den ist, eine hinlängliche Kraft beilegen dür-
olsartige Wirkungen hervorzubringen, als die
darbieten.

e zu bejahen nehme ich durchaus keinen An-
e sogar, dafs sich eine hierauf zu gründende
h gewichtige Argumente genügend werde un-
. Ist einmal die Elektricität in der Wolkenre-
em solchen Grade der Spannung frei geworden,
in ähnlichen Fällen durch gewöhnliche Blitz-
iebt, hat zugleich der Erdboden eine dieser
er entgegengesetzte Spannung angenommen, was
edingt vorausgesetzt werden kann, so müssen
Bereiche dieser Elektricitäten befindliche Körper,
htigkeit und der auf sie einwirkenden Gewalt, in
en. Diese Bewegung, welche sich sofort auch den
Luft mittheilt, ist bekanntlich keine geradli-
lezeit eine wirbelnde, und das angeführte Bei-
sen und sonstige Erscheinungen zeigen genü-
elcher Geschwindigkeit und Stärke solche Be-
ld sie einmal begonnen haben und wenn dann
le Ursache auf sie zu wirken fortfährt, ge-
en pflegen. Hiermit ist also die Bewegung der
inste, und zwar die wirbelnde, mit allen ihren
Folgen gegeben; die fortschreitende aber, wel-
Vinde zusammenfällt, bedarf hier keiner näheren
. ist oben bereits gesagt worden, dafs die wir-
iulen, sobald sie einmal die erforderliche Stärke
keineswegs ohne Unterbrechung in horizontaler
en, namentlich der vielen Hindernisse wegen
sondern dafs sie sich bald heben, bald herab-
beides mit nicht unbedeutender Gewalt, wie
ung bestätigt.

ist gleichfalls, und zwar gewifs mit Recht, oben
dafs die Wirbelbewegungen nicht genügen, um

die Bildung des Fufses der Wasserhosen
Die Anhänger der elektrischen Theorie s
die elektrische Anziehung in Anspruch z
werden sich auch nicht durch das Argume
ten, dafs diese Kraft unmöglich ein Auf
bis zu 30, ja der Angabe nach sogar 50
könne, weil wir kein Mafs für die Gewalt
Elektricität besitzen; unbefangene Physik
zuverlässig das hierbei statt findende Mif
Ursache und Wirkung nicht verhehlen.
aber analoge Erscheinungen genügende A
man, auf welche Weise die gewöhnliche
zeugt und vergröfsert werden, so ergiebt
einzelner Luftstofs nicht im Stande seyn
Wassermassen aufzuthürmen, die aber de
holte Stöfse gebildet werden, und diesem
wohl umhin, das Aufbrausen des Fufses b
von ähnlichen Ursachen abzuleiten. Auc
die Wassertheilchen wiederholt, und den
schnell auf einander folgenden Wechseln,
rückgestofsen, wonach also die Kraft d
müfste, wenn sie anders nicht einfach ist
nen Partikeln nach aufhörender Anziehun
zurückfallen; jedenfalls entsteht hierdurch e
lenbewegung, die stets zunimmt, wenn d
fortdauert, und somit die Bewegung st
Schon Franklin verglich diese Oscillatio
Glocke, die durch fortgesetzte Stöfse m
allmälig in eine jeden Widerstand überw
Bewegung versetzt werden kann. Läfst
tropfen in eine ruhig stehende Wasserm
bedeutender Höhe herabfallen[2], so pflegen
Kegel oder nur ein oder einige Tropfen bis
zuspringen, die der des herabfallenden Tro
kommt; wie viel bedeutender müfste aber
wenn die aufspringende Masse gleichzeitig
her angezogen oder von unten herauf abg

1 Vergl. Art. *Wellen*, namentlich §. 7.
2 Vergl. ebendaselbst. §. 24 und die vorhe

beides zugleich, kann bei den Tromben aller-
der vorhandenen Elektricität statt finden. Es
ſserdem ein sehr triftiger Grund vorhanden, die
wegung des Wassers im Fuſse der Tromben
ng der Wellen zurückzuführen, denn beide
e und Umfang ab, sobald die Tiefe des Was-
wie sich sowohl im Allgemeinen aus den Be-
nehmen läſst, als auch von MICHAUD (§. 13)
ähnt wird.

ssen sich also durch Vereinigung beider Hy-
isher auf nicht verwerfliche Gründe gestützt
äulen aufgestellt wurden, auch diese Meteore
d erklären, als dieses bei den Erscheinungen
gefordert werden darf, ohne in alle Einzel-
, was nach den vorausgehenden ausführlichen
er unnöthig seyn dürfte.

M.

Widerstand.

and der Mittel; *Resistentia me-*
tance des milieux; *Resistance.*

Namen *Widerstand* begreift man in der Me-
was der Wirkung irgend einer Kraft entge-
durch dieselbe in ihrer Gröſse oder Richtung
tet die Unterlage (*Hypomochlium*) des Hebels
an ihm angebrachten Gewichte Widerstand; so
dem Zerbrechen oder Zerreiſsen der Körper
l, der von dem Zusammenhange ihrer Ele-
Attraction abhängt, mit welcher die klein-
Körper sich gegenseitig anziehn u. s. w. Ue-
rt des Widerstandes hat schon GALILEI sinn-
gen angestellt, die dann später mehr ausgebil-
MARIOTTE, LEIBNITZ, VARIGNON, MUS-
nd in den neuesten Zeiten von BREWSTER,

s. Lugd. Bat. 1729.

Coulomb, Eytelwein u. A., wie bereits a
worden ist[1]. Hier aber handelt es sich, wi
schrift des Artikels sagt, um denjenigen W
feste Körper erfahren, wenn sie sich, nich
sondern in der Luft, im Wasser oder in s
keit bewegen. Bei einer solchen Bewegung
feste Körper die auf seinem Wege liegende
sigen Körpers, in welchem er sich bewe
treiben, wodurch der Kraft, die ihn beweg
wodurch also auch die Geschwindigkeit u
tung dieser Bewegung geändert wird.

Dieser Widerstand kann eine blofse
der einzelnen Theile der Flüssigkeit seyn,
Körper bewegt, welche Theile nämlich,
gebracht zu werden, eine gewisse Kraft er
da sie von dem bewegten festen Körper
gentliche Bewegung dieses festen Körpers
kann aber auch noch überdiefs eine Folge d
dieser einzelnen Theile der Flüssigkeit sey
Zweifel auch eine Attraction gegen einande
Theile der festen Körper, wenn auch nur
so dafs also der in einem widerstehenden M
per nicht nur die einzelnen Atome dieses
Stelle bringen, sondern auch noch die Attr
aufheben oder das flüssige Mittel im eige
Wortes zerreifsen oder zerbrechen mufs.

Newton[2], der die hierher gehörenden
erst mit dem ihm eigenen Scharfsinn beha
zu dem Resultate, dafs bei den in der Na
Bewegungen der Körper in widerstehender
derstand sich wie das Quadrat der Gesch
wegten Körpers verhalte.

Wir sind über die Richtigkeit dieses
mühungen der gröfsten Geometer ungeacht
weiter gekommen, als Newton. Wir wi
Widerstand, welchen vorzüglich die Luft d
Körpern entgegensetzt, von der Dichte dies

1 S. Art. *Cohaesion*. Bd. II. S. 148.
2 Principia Philos. nat. Lib. II.

egten Körpers und von der Geschwindigkeit abhängt, und dafs man in den meisten Fällen klichen Beobachtungen abweichende Resultate ält, wenn man den Widerstand dem Quadrate eit proportional setzt, obgleich man nichts Bes- en weifs, da alle andere Voraussetzungen, die ht hat, noch viel mehr von der Erfahrung ere Theorie des Widerstandes ist daher noch en und wird es, wie es scheint, auch noch n, da die ungleiche Dichtigkeit der Luft- stetigen Veränderungen derselben den Beob- als auch den Berechnungen derselben grofse tgegensetzen.

nglich geglaubt, dafs sich diese Theorie am aus derjenigen entwickeln lassen werde, die der harten und der elastischen Körper auf- nt man M und C die Masse und die Ge- ersten und m, c die Masse und Geschwin- ten Körpers, und nimmt man an, dafs sie n geraden Linie und in derselben Richtung m der vorangehende und M der folgende, uct MC gröfser, als mc ist, so hat man[1], r vollkommen *unelastisch* sind, für die Ge- ider Körper nach dem Stofse

$$x = \frac{MC + mc}{M + m},$$

nach dem Stofse, die beiden Körper mit naftlichen Geschwindigkeit x fortgehn. Be- Körper nach entgegengesetzten Richtungen, dem Ausdrucke für x die Gröfse c negativ zweite Körper vor dem Stofse in Ruhe, so Masse M des ersten Körpers gegen die des grofs, so ist $m = 0$ und daher $x = C$.

ndlich die durch den Stofs hervorgebrachten r *Geschwindigkeiten*, so sind diese bei dem

$$C - x = m \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

[1] *Stofs.* Bd. VIII. S. 1067.

und bei dem zweiten

$$x - c = M \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

und die Division der beiden letzten Gleichu

$$m(x - c) = M(C - x).$$

Anders verhält sich die Sache bekanntlich *elastische* Körper. Behält man wieder die nungen bei und läfst, wie zuvor, m den v per und $MC > mc$ seyn, so hat man, wenn derselben Richtung fortgehn, für die Geschw Stofse

bei dem ersten Körper $V = 2x -$

und bei dem zweiten . . . $v = 2x -$

wo x die alte Bedeutung hat, oder wo der eine blofse Hülfsgröfse betrachteten Gröfse

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

ist. Aus diesen beiden Gleichungen folgt

$$v - V = C - c,$$

so wie

$$C - V = 2(C - x)$$

und

$$v - c = 2(x - c).$$

Man sieht daher, dafs man für die Verä schwindigkeiten der Körper vor und nach unelastischen Körpern

$$C - x \text{ und } x - c$$

und bei vollkommen elastischen

$$2(C - x) \text{ und } 2(x - c).$$

Da die Körper, wie wir sie in der Natur ben, weder vollkommen unelastisch, noch au stisch sind, so wird man also für die nat Veränderungen ihrer Geschwindigkeiten nac

$$\lambda.(C - x) \text{ und } \lambda.(x - c)$$

setzen, wó λ irgend einen Bruch bezeichnet beiden Zahlen 1 und 2 liegt. Wäre z. B. pern die von der Elasticität herrührende Aen grofs, als sie bei vollkommen elastischen Kö

en. Für Bleikugeln wird man, da dieses Me-
nig elastisch ist, λ auch wenig gröfser, als 1,
von Elfenbein, die bekanntlich sehr elastisch
ig kleiner als 2 setzen u. s. w.

vei Gleichungen (I) geben noch, wenn man
M und die andere durch m multiplicirt und
irt,

$-mv = 2(M+m)x - MC - mc,$

ierin den vorhergehenden Werth von x sub-

$V + mv = MC + mc \ldots$ (II).

las Product der Masse eines Körpers in seine
die *bewegende Kraft* dieses Körpers. Die
gt daher, dafs die Summe der bewegenden
rper vor und nach dem Stofse einander gleich
t man, wenn man von den Gleichungen (I)
V und die zweite durch mv multiplicirt und
t,

$+mv^2 = MC^2 + mc^2 \ldots$ (III)

Product der Masse eines Körpers in das Qua-
windigkeit die *lebendige Kraft* des Körpers
s der Gleichung (III), dafs die Summen der
zweier Körper vor und nach dem Stofse un-
yn müssen, vorausgesetzt, dafs die Körper
ch sind, denn bei unelastischen ist dieses
ll, da bei diesen durch den Stofs immer ein
en Kraft verloren geht.

, dafs die Massen beider Körper gleich grofs
$M = m$ ist, geht die vorhergehende Glei-

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

e über:

$$2x = C + c,$$

Verthe von 2x geben die Gleichungen (I):

$$V = c \text{ und } v = C.$$

icher Massen verwechseln demnach die voll-
n Körper ihre Geschwindigkeiten durch den
einer der beiden Körper vor dem Stofs in

Ruhe war, so wird nach dem Stofse der a
ben und der erste wird die ursprüngliche
andern annehmen.

Hat man demnach eine Reihe von vol
Kugeln, die alle dieselbe Masse haben, in
aufgestellt, und bewegt sich von diesen K
in der Richtung dieser geraden Linie und
digkeit C, so wird diese erste Kugel in d
sie die zweite ruhende trifft, durch ihren An
Kugel in Ruhe versetzt, und die zweite
Geschwindigkeit C erhalten, mit welcher
dritte Kugel treffen wird. Im Augenbli
zweiten Kugel auf die dritte wird die z
dafür die dritte in Bewegung mit der Ges
setzt, und so fort, bis auf die letzte diese
mit derselben Geschwindigkeit C ungehin
Nach allen diesen Stöfsen, welche die K
andern erleiden, werden also alle Kugeln,
Ruhe seyn, und diese letzte wird dafür di
keit haben, welche vor diesen Stöfsen d
Da dieses Resultat ganz unabhängig ist
räumen, welche diese Kugeln anfänglich u
offenbar auch dann noch gelten, wenn
ganz verschwinden, oder wenn sie alle,
unmittelbarer Berührung unter einander st
Zustande von der bewegten ersten Kug
Dann wird nämlich diese erste Kugel im
die zweite berührt, in Ruhe versetzt, un
Kugeln werden in ihrer Ruhe verbleiben
allerletzte von der Reihe, die sich allein v
lösen und mit der Geschwindigkeit, wel
vor dem Stofse hatte, ihren Weg weiter
Satz, von dessen Richtigkeit man sich
eine praktische Weise, z. B. auf dem Billar
wenn er nicht schon durch die vorhergeh
jeden Zweifel erhoben wäre.

Mit diesen Erscheinungen bei dem Stof
man nun diejenigen verbinden oder sie ih
bei der Bewegung der festen Körper in wi
statt haben, indem man sich vorstellte, da

Bewegung die Theilchen, aus welchen das
ittel (Luft, Wasser u. dgl.) besteht, gleich-
stofse. Nehmen wir, um die Art dieser Ver-
zeigen, an, dafs der feste Körper ein gera-
kreisförmiger Basis sey, der sich in der Rich-
bewegt. Sey ω die Fläche seiner Basis und
Cylinders, so wie ϱ die Dichtigkeit des wi-
tels, in welchem sich dieser Cylinder bewegt.
it t sey v die Geschwindigkeit und x die Di-
n Basis des Cylinders von einem festen Puncte,
Bewegung des Cylinders oder in der Richtung
ylinders gemessen. Diesem gemäfs hat man,
Vorschriften der Mechanik,

$$\partial x = v \,.\, \partial t,$$

ke ∂t durchläuft die erwähnte Basis des Cy-
∂x, wobei also der Cylinder an alle die
els anstofsen wird, die in einer Schrittfläche
ren Basis ω, deren Höhe ∂x und deren Masse
Betrachtet man nun alle diese Elemente als
Einwirkung auf die sie zunächst umgebende
ird man, nach dem Vorhergehenden, für die
bewegenden Kraft, die der Cylinder während
den Widerstand des Mittels erfahren hat, das
schwindigkeit v in die gestofsene Masse des
lso das Product $v \,.\, \varrho\omega\partial x$ annehmen, wenn
Mittel unelastisch ist, oder das Doppelte
h. $2v \,.\, \varrho\omega\partial x$, wenn das Mittel als ein voll-
s angesehn wird.

nden, dafs der erste Werth $v\varrho\omega\partial x$ besser
nten, die man über den Widerstand angestellt
, als der zweite. Nimmt man also jenen als
nd bemerkt man, dafs das Product $m \,.\, \partial v$ der
ck der Aenderung der bewegenden Kraft ist,
m, die mit der Geschwindigkeit v fortgeht,
an die Gleichung

$$m\partial v = -v\varrho\omega\partial x,$$

ir ∂x seinen Werth $v\partial t$ substituirt,

$$m \cdot \frac{\partial v}{\partial t} = -\varrho\omega v^2,$$

her, unter jenen Voraussetzungen, die be-

wegende Kraft, die von dem Widerstand
wenn die Oberfläche des in diesem Mitt
eine Ebene ist, die senkrecht auf die Ri
gung steht. Dieser Widerstand ist also,
chung zeigt, der Dichte ϱ des Mittels, de
welcher der Widerstand ausgeübt wird, u
drate der Geschwindigkeit proportional. N
die dieser Geschwindigkeit v für im fr
Körper zugehört, so hat man, wenn g (na
die Schwere bezeichnet[1],

$$v^2 = 2gh.$$

Unsere vorhergehende Gleichung wird dah

$$m.\frac{\partial v}{\partial t} = -2g\varrho\omega h$$

und daraus folgt, dafs der gesuchte Wide
gleich ist dem *Gewichte* eines aus dieser
Cylinders, dessen Basis jene auf die Ri
senkrechte Ebene und dessen Höhe gleic
ist, durch die ein Körper im leeren Rau
diese Geschwindigkeit v zu erlangen. Da
pers ist nämlich nach dem, was oben
gleich dem Producte der Schwere g in di
pers. Ist aber ϱ die Dichtigkeit dieser M
lumen des Körpers, so ist bekanntlich m
das Gewicht eines Körpers gleich g.m
dem obigen Ausdrucke $2g\varrho\omega h$ gleich ge
woraus der so eben ausgesprochene Sat
geht.

Ist die Richtung der Bewegung nich
die Ebene, welche den Widerstand erfäh
Geschwindigkeit des Körpers in zwei an
eine senkrecht und die andere parallel
Die parallele Geschwindigkeit kann höc
Reibung in dieser Ebene hervorbringen,
bung wird in dieser Theorie des W

---

1 S. Art. *Fall der Körper*. Bd. IV. S. 6
brauchte g nach der in den neuern Schriften ü
ten Bezeichnung doppelt genommen werden mu

2 S. Art. *Gewicht*. Bd. IV. S. 1487.

also durch n den Winkel, welchen eine auf die
lte Normale mit der Richtung der Geschwin-
, so wird unsere obige Gleichung in folgende

$$m \cdot \frac{\partial v}{\partial t} = - \varrho \omega v^2 . \text{Cos.}^2 n,$$

die Grundgleichung, aus welcher man, wie
versucht hat, die gesammte Theorie des Wi-
uftförmigen sowohl, als auch der tropfbaren
uleiten pflegt. Um hier wenigstens den Weg
ckelung zu zeigen, wollen wir die Bewegung
en Mittel von einem Körper betrachten, der
on einer krummen Linie A D B um seine Axe Fig. 190.
ist. Ist C D und P M senkrecht auf diese
CP = x und PM = y und ist die Ordinate
den Anfang der Coordinaten C geht, zugleich
Ordinaten der Curve A D B, so wird, wenn
eses Körpers in der Richtung von B nach A
ge Theil der Oberfläche des Körpers dem Wi-
ssigkeit ausgesetzt seyn, welcher dem Theile
genden Curve entspricht. Sei ∂s das Element
Curve für irgend einen Punct M derselben,

$$\text{Cos. } n = \frac{\partial y}{\partial s}$$

des Winkels, den die Normale in diesem
r Axe der x, das heifst, mit der Richtung der
und dieser Winkel wird derselbe bleiben für
one, die durch die Rotation des Elements ∂s
axe A B entstanden ist. Die Oberfläche dieser
ich $2 \pi y \partial s$, und jedes Element dieser Zone
auf dieses Element senkrechten Widerstand
ich ist dem Producte dieses Elements in die
n. Zerlegt man diese Kraft in zwei andere,
eine senkrecht und die zweite parallel zu der
ist klar, dafs von jenen senkrechten Kräften
gegenseitig aufheben. Von den parallelen
d jede gleich seyn der vorigen auf das Ele-
raft $\varrho v^2 \text{ Cos.}^2 n$, multiplicirt in denselben Co-
d die Summe aller dieser mit der Axe paral-

lelen Kräfte ist daher gleich der Oberfläc
wähnten Zone, multiplicirt in die Gröfse ϱ
man daher ∂W den Widerstand, welchen
Flüssigkeit erfährt, so ist

$$\partial W = 2\pi\varrho v^2 . y\partial s \text{ Cos.}$$

oder da $\text{Cos.}\, n = \frac{\partial y}{\partial s}$ war,

$$\partial W = 2\pi\varrho v^2 . \frac{y\partial y^3}{\partial s^2}.$$

Um daraus den gesuchten Totalwiderstand
pers zu erhalten, wird man, wenn CD =
Ausdruck von $y = 0$ bis $y = a$ integriren,
nach hat

$$W = 2\pi\varrho v^2 . \int_0^a \frac{y\partial y^3}{\partial s^2} \quad \ldots$$

Wenn der Körper eine Kugel ist, so ist C
die Gröfse a ihr Halbmesser. Nennt man
MCA, so hat man

$$y = a \text{ Sin.}\, \Theta; \quad \partial y = a\partial\Theta \text{ Cos.}\, \Theta \text{ und}$$

so dafs daher der gefundene allgemeine Aus
folgenden übergeht:

$$W = 2\pi\varrho v^2 a^2 . \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \text{Cos.}^3\Theta \text{ Sin.}$$

Es ist aber

$$\int \text{Cos.}^3\Theta \text{Sin.}\,\Theta . \partial\Theta = \tfrac{1}{4}\text{Sin.}\,4\Theta$$

wo C die Constante der Integration bezeich
dieses Integral gleich C, und für $\Theta = \frac{1}{2}\pi$
gleich $C + \frac{1}{4}$, also ist auch

$$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \text{Cos.}^3\Theta \text{ Sin.}\,\Theta\partial\Theta =$$

und daher der gesuchte Widerstand bei der
messer a

$$W = \tfrac{1}{2}\pi\varrho a^2 v^2.$$

Für den Widerstand W′ des dieser Kugel
linders hatten wir oben den Ausdruck erhalte

$$W' = \varrho\omega v^2,$$

eses Cylinders, also $\omega = \pi a^2$ ist. Man hat

$$\frac{W}{W'} = \frac{\frac{1}{2}\pi a^2}{\omega} = \frac{1}{2},$$

d der Kugel ist nur die Hälfte des Wider-
er erwähnte Cylinder erleidet, wenn er sich
iner Axe und mit derselben Geschwindigkeit,
wegt.

ersuche, die Theorie des Widerstandes be-
ON in seinen Principien aufgestellt, so wie
Bewegung der Körper unter der Bedingung
cht hat, wenn die auf sie wirkenden Kräfte
chwindigkeiten sind, ein Fall, der, wie man
enden sieht, bei der Lehre vom Widerstande
. Er verglich auch die Resultate seiner
elbaren Versuchen, indem er die Zeit beob-
welcher eine Kugel in der Luft durch eine
wobei er aber fand, dafs man, um zwischen
der Beobachtung eine Uebereinstimmung zu
gen Werth von W nahe um seine Hälfte
üsse, was allerdings für diese Theorie nicht
. NEWTON[1] fand nämlich unter dieser Vor-
ben Werthes von W folgende Abweichun-
allhöhe von 220 engl. Fufs bei mehrern

riment	6	Fufs	11	Zoll
—	10	—	9	—
—	7	—	10	—
—	4	—	5	—
—	5	—	5	—
—	10	—	7	—.

öhen waren zu grofs.

enauer stimmen, unter derselben Voraus-
che, welche im J. 1719 DESAGULIERS mit
chweinsblasen angestellt hat, überein. Er fand
Fallhöhe von 272 Fufs, folgende Abwei-
ung von der Beobachtung:

[1] at. L. II. prop. 40.

I	Experiment	0 Fufs	1 Zol
II	—	0 —	$10\frac{1}{2}$ —
III	—	0 —	7 —
IV	—	5 —	4 —
V	—	10 —	0 —

Wie viel dabei der Widerstand der Luft be
aus, dafs jene ersten Kugeln in Newto
leeren Raume während 8 Secunden durch n
fallen sollen, da sie doch in der Luft
höchstens durch 230 Fufs gefallen sind. N
Unterschied bei Desaguliers' Versuchen,
20 Secunden durch eine Höhe von 272 F
fallen sind, da sie doch im leeren Raume
durch 6039 Fufs hätten fallen müssen.

Späteren Versuchen mit dem Pendel 'z
an der Richtigkeit seiner Theorie des W
sonders an der Wahrheit seiner bis dahin
these, dafs der Widerstand dem Quadrate
proportional sey, zu zweifeln an. Er nei
sicht hin, dafs der Widerstand, dessen G
sucht hatte, wenigstens zwei Ursachen hal
die eine jenem Gesetze, die zweite aber
folgen müsse. Am Ende sah er sich vera
tersuchung fallen zu lassen.

In unseren Zeiten hat besonders B
Newton's wieder aufgenommen und gefun
druck

$$W = \tfrac{3}{10}\,\pi\varrho a^2 v^2$$

den Beobachtungen am besten entspreche.
Dichte der Kugelmasse, so ist diese M
multiplicirt in das Volumen $\frac{4}{3}a^3\pi$ der Ku
Dividirt man aber die Gröfse W durch di
man f die accelerirende Kraft, die daraus
man, wenn man den Werth von W nach

$$f = \tfrac{9}{10}\cdot\frac{\varrho v^2}{Da} = 0{,}225\,\frac{\varrho v^2}{Da}\,.$$

Es ist merkwürdig, dafs Lombard, eine
Schriftsteller über die Ballistik, aus seinen

en Versuchen über die Tragweite der Kanonen-
f denselben Werth $\frac{9}{40}$ dieses Coefficienten von f
ährend Newton's oben gefundener Ausdruck

$$W = \tfrac{1}{2}\pi\varrho a^2 v^2$$

leichung

$$f = \tfrac{8}{5} \cdot \frac{\varrho v^2}{Da} = 0{,}375 \cdot \frac{\varrho v^2}{Da}$$

ls die Hälfte gröfser giebt.

Gleichung (A) giebt auch zugleich ein Mittel,
tionskörpern denjenigen zu bestimmen, der, in
t bewegt, den kleinsten Widerstand erleidet.
wird nämlich derjenige seyn, für welchen das

$$\int_0^a \frac{y\,\partial y^3}{\partial s^2}$$

t. Die Auflösung dieses Problems gehört in
Variationsrechnung. Hier wird es genügen,
afs die krumme Linie, durch deren Rotation
per des kleinsten Widerstandes entsteht, er-
nn man aus folgenden beiden Gleichungen, in
zwei willkürliche Constanten bezeichnen, die

liminirt:

$$a\left[\frac{3}{4p^4} + \frac{1}{p^2} + 1 + \text{Log. } p\right] + b,$$

$$\frac{(1+p^2)^2}{2p^3}.$$

t in seinen Principien die Auflösung dieses
icht das Mittel, zu dieser Auflösung zu ge-
ilt. Es war dieses der erste Fall, wo eine
rt aufgelöst wurde, für welche später, da sie
on Rechnung begründen, der Variationscalcül
n ist.

vorhergehende Theorie des Widerstandes be-
eht, auf einer sehr willkürlichen und unbe-
chung der Wirkung, welche eine Flüssigkeit
wegten Körper ausübt, mit dem Stofse, wel-
mehrere Körper bei ihrer Begegnung erleiden.

Am wenigsten wird bei dieser Vergleichung
zuhalten seyn, dafs bei dem Begegnen de
den Elementen der Flüssigkeit diese Elem
Körper wirken, da sie doch gewifs auc
selbst einen gegenseitigen Einflufs ausübe
aber jene Theorie keine Rücksicht nimmt.
auch kommen, dafs die Resultate der Re
über angestellten Experimenten so wenig ü
Zweifel ist der Widerstand, den ein feste
einer Flüssigkeit bewegt, von dieser letzt
mengesetzt aus den Pressungen, welche
den ganzen bewegten Körper ausübt, und
wegungen und Reibungen, die durch
Flüssigkeiten der Oberfläche des Körpers
nung derjenigen Theile der Flüssigkeit, z
der feste Körper hineindrängt, entstehn,
einer wahren Theorie des Widerstandes n
gleicher Zeit die Bewegungen des festen
durch erzeugten Bewegungen der Flüssigk
sichtigen. So viel uns bekannt, haben Po
bisher die einzigen Versuche gemacht, die
standes auf diese Weise zu bestimmen. Po
trachtungen über diesen interessanten Gegen
nen Aufsatze *sur les mouvemens simulta*
de l'air environnant in den Mém. de l'
ces Vol. XI. gegeben, und Coulomb's Ar
dritten Bande der Mémoires de l'Institut
den letzten hier nur das Vorzüglichste kur
sen wir zuerst das Instrument erklären, w
seine Versuche ausgedacht hat.

Fig. 191. Sey CD z. B. ein cylindrisches, ober
zum Theil mit der zu untersuchenden F
Zwei kreisförmige dünne Scheiben p un
durch ihren Mittelpunct auf ihre Ebenen
Axe AB verbunden, und der obere Theil
durch einen feinen Metallfaden m n verbun
seinem obersten Theile n, z. B. in der Dec
festigt ist. Die obere Scheibe p ist an ih
Theile getheilt, und die Wand des Gefäfs
pq, der in q an die Wand befestigt ist un

herie der oberen Scheibe berührt. Wird nun
r beiden Scheiben in das Innere des Gefäfses
t, dafs die untere Scheibe r in der Flüssig-
er über der Flüssigkeit steht, dreht man die
ft um ihre Axe A m n und überläfst sie dann
ird die obere, also auch zugleich die untere
erbundene Scheibe, wegen der Torsion des
Oscillationen nach zwei entgegengesetzten
n, und man wird, mittels des Index p q, von
Abnahme der Amplitüde dieser Oscillationen
können.

dafs bei diesen Versuchen derjenige Theil
der von dem Drucke der Flüssigkeit auf
sten Körper, also gleichsam nur von der
ihrer Stelle verdrängten Flüssigkeit herrührt,
hier in der That gar kein Theil der Flüs-
wird, und dafs also nur der oben erwähnte
Widerstandes übrig bleibt, der aus der Co-
nte der Flüssigkeit entspringt. Indem nun
fse Anzahl solcher Beobachtungen der Rech-
gelangte er zu den drei folgenden Resul-

Widerstand, der blofs aus der Cohäsion der
unter sich entspringt, verhält sich, wie die
Geschwindigkeit, und dieser Widerstand ist
on der Natur der Oberfläche des bewegten
llich auch III. unabhängig von dem Drucke,
gkeit erleiden mag. Daraus wird demnach
Totalwiderstand, den ein in einer Flüssigkeit
on dieser Flüssigkeit erfährt, aus zwei Thei-
welchen der eine der ersten und der andere
der Geschwindigkeit proportional ist. Be-
dafs der erste dieser Theile bei nicht zähen
üssigkeiten nur dann merkbar wird, wenn
it der Rotation der Scheibe sehr klein ist,
theile für grofse Geschwindigkeiten ver-
s für sehr schnell bewegte Körper der Wi-
rate der Geschwindigkeit proportional ange-
nn.

Wir haben oben die accelerirende Kr
des für Kugeln

$$f = \frac{\lambda . \varrho v^2}{D r}$$

gefunden, wo r den Halbmesser der Kuge
demnach die *bewegende Kraft* dieses Wid

$$mf = \tfrac{4}{3} \lambda \pi \varrho . v^2 . r^2$$

seyn wird, indem die Masse des Körpers
multiplicirt in die Dichte desselben, also
D und ϱ die Dichte des festen und des f
zeichnen.

Diese Eigenschaft aber, dafs der Wid
gens gleichen Umständen, sich wie das Q
sers der verschiedenen Kugeln verhalte, läfs
per von anderer Gestalt anwenden, wo di
sammengesetzter erscheint. Aber auch die
gen der Bewegung fester Körper in flüssig
LOMB's Versuchen, vielen und grofsen An
besonders wenn diese Bewegung sehr sc
die Flüssigkeit, wie dieses gewöhnlich
Gefäfsen der Fall ist, in einen verhältnifs
Raum eingeschlossen wird. Eine besonder
wäre die auf die Erhebung der Flüssigk
Vertiefung derselben *hinter* dem bewegten
tiefung, die bei einer sehr schnellen Bewe
feste Körper in die Flüssigkeit ganz eing
einen leeren Raum übergehn kann, den d
Bahn zunächst hinter sich auf einen Au
Allein diese Rücksicht ist nicht leicht
terwerfen, und es wird überhaupt woh
dauern, bis wir mit diesem Gegenstande
was man um so mehr beklagen mufs, da
Versuche in solchen widerstehenden Mitteln
dafs die Physiker noch jetzt in derselben
wie früher die Astronomen zu der Zeit, a
der astronomischen Refraction noch unbeka
doch alle ihre Beobachtungen, da sie in de
den, von dieser Refraction entstellt waren.

Auch das Gesetz des Widerstandes fü

g ihrer Axe in der Flüssigkeit bewegen, wel-
oben durch die Gleichung

$$m.\frac{\partial v}{\partial t} = -2g\varrho\omega h$$

n und welches lange Zeit als der Wahrheit
äfs beinahe allgemein angenommen wurde,
ts weniger als genau mit den darüber ange-
ten überein. Man hat nämlich bemerkt, dafs
dieser Cylinder von einem wesentlichen Ein-
derstand ist, und dafs derselbe oft sehr stark
enn nicht blofs die vordere, sondern auch die
s solchen Cylinders auch nur eine sehr geringe
er Gestalt erhält, was ohne Zweifel wieder
der Flüssigkeit vor und der Depression nach
rper in einigem Zusammenhange steht, wie
längst bekannt ist, dafs nicht blofs die Vor-
auch die Hintertheile der Schiffe eine be-
en müssen, wenn sie gut und schnell segeln

f diese Weise von dem Widerstande solcher
mit einer vorderen *ebenen* und *senkrecht* auf
nden Fläche bewegen, noch so wenig Ver-
können, so wird man über den Widerstand,
en erleiden, noch kaum eine Frage aufstel-
r That haben sich alle Hypothesen, die man
n bisher aufgestellt hat, als durchaus unzu-
Alles, was man über sie bisher gefunden hat,
len Sätzen, die man übrigens ohne Experi-
le gelehrte Theorie auch hätte errathen kön-
erstens eine gegen die Richtung der Bewe-
geneigte Ebene einen um so geringeren Wi-
je kleiner die Neigung der Ebene gegen die
egung ist, und zweitens, dafs der Wider-
ven Fläche gröfser ist, als der einer con-

n Einfluſs der hinteren Fläche des bewegten
Widerstand hat Coulomb interessante Versu-
fand er z. B., wenn er den Widerstand für
gleich 60 annahm, für den Widerstand einer

Halbkugel, wenn die convexe Seite bei de
geht, nur 58, aber wenn die convexe S
nahe das Doppelte oder 129; für einen K
ein Kreis von demselben Halbmesser mit je
fand er auch den Widerstand gleich 60, wie b
er mit der Spitze voraus sich bewegt, aber
Basis des Kegels vorausgeht, u. s. w.

Wenn ein Körper um irgend eine sein
Seiten symmetrisch gestaltet ist, und we
Richtung dieser Axe in einer Flüssigkeit be
Widerstand, welchen ihm die Flüssigkeit
eine mittlere Kraft zurückgebracht werden k
tung offenbar auch in dieser Axe des Körpe
W dieser Widerstand der Flüssigkeit und m
ihm bewegten festen Körpers, so wird die
stande entstehende accelerirende Kraft f seyn

$$f = \frac{W}{m}.$$

Wenn der Körper in senkrechter Richtung
fällt, so wird der Widerstand, den er erfah
Wirkung der Schwere g entgegengesetzt ist,
solche Körper aber, die in der Flüssigkeit s
wird im Gegentheile die ganze accelerirende
gleich $-(g+f)$ seyn. Der Widerstand W se
bereits gesagt, von der Geschwindigkeit v, v
der Dichtigkeit D des festen Körpers und e
Dichtigkeit ϱ der Flüssigkeit auf irgend ei
seyn. Es ist schwer, diese Weise für alle F
kommen können, genau zu bestimmen, besc
die Abhängigkeit der Gröfse W von der Ges
zugeben. Nimmt man indefs mit den mei
über diesen Gegenstand an, dafs der Wider
Quadrat der Geschwindigkeit verhalte, so wi

$$W = \lambda \varrho v^2$$

setzen können, wo λ ein Coefficient ist, we
und Dichtigkeit des festen Körpers und v
und vielleicht auch der Temperatur der Flüssig

Ist der feste Körper eine Kugel vom H
das Volumen derselben

$$V = \tfrac{4}{3} r^3 \pi$$

e jedes Körpers gleich dem Producte seines
e Dichte D ist,

$$m = \tfrac{4}{3} \pi . D r^3,$$

der obige Ausdruck für f in den folgenden

$$f = \frac{W}{m} = \frac{3 \lambda \varrho v^2}{4 \pi D r^3}$$

bei der Kugel der Coefficient λ der Ober-
oder dem Quadrat ihres Halbmessers propor-

$$f = \frac{\lambda . \varrho v^2}{D r},$$

rischen Coefficienten bezeichnet, der für alle
bleibt und dessen Werth für jede einzelne
ers auf dem Wege der Experimente bestimmt
Nach Borda's oben erwähnten Versuchen
t für die atmosphärische Luft $\lambda = \frac{9}{40}$. Da
e f, als eine accelerirende Kraft, von der-
die Schwere g ist, so folgt, dafs, wenn man
mmte Geschwindigkeit bezeichnet, die Gröfse

setzt werden kann, wo dann

$$\frac{v^2}{c^2} \text{ oder } f = \frac{g v^2}{c^2} \quad \ldots \quad (C)$$

fallende und steigende Körper iderstehenden Mitteln.

gesetzt betrachten wir nun die Bewegung ei-
, der in irgend einem widerstehenden Mittel
Schwere überlassen wird und der daher in
recht abwärts fällt. Zur gröfseren Vereinfa-
wollen wir die Dichtigkeit des Mittels in
en constant annehmen. In diesem Falle wird
Körper wirkende accelerirende Kraft gleich
f dieselbe Bedeutung, wie in der vorherge-
(C) hat. Da aber der allgemeine Ausdruck

der accelerirenden Kraft gleich $\frac{\partial v}{\partial t}$ ist, w
digkeit des Körpers bezeichnet, so hat m

$$\frac{\partial v}{\partial t} = g - f,$$

oder wenn man den Werth von f aus de
stituirt,

$$g\,\partial t = \frac{c^2\,\partial v}{c^2 - v^2},$$

und davon ist das Integral, wenn v
schwindet,

$$gt = \tfrac{1}{2}c.\mathrm{Log}.\frac{c+v}{c-v} \ldots$$

oder auch, wenn e die Basis der natürlic
zeichnet,

$$\frac{c-v}{c+v} = e^{-\frac{2gt}{c}},$$

woraus sofort für die Geschwindigkeit d
gegebenen Zeit t folgt

$$v = \frac{c.\left\{e^{\frac{gt}{c}} - e^{-\frac{gt}{c}}\right\}}{e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}} \ldots$$

Um nun auch den zurückgelegten Weg x
Zeit t zu bestimmen, hat man $\partial x = v\,\partial$

$$\partial x = \frac{c.\left\{e^{\frac{gt}{c}} - e^{-\frac{gt}{c}}\right\}}{e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}}$$

Um diese Gleichung zu integriren, setze

$$e^{\frac{2gt}{c}} = z,$$

also auch

$$\partial t = \frac{c\,\partial z}{2gz},$$

so dafs man daher hat

$$\frac{(z-1).\partial z}{(z+1)z} = \frac{c^2}{2g} \cdot \left\{ \frac{\partial z}{z+1} - \frac{\partial z}{z(z+1)} \right\}$$

Integral

$$\left. \text{og.}(z+1) - \text{Log.}\frac{z}{z+1} \right\} = \frac{c^2}{g}.\text{Log.}\frac{1+z}{\sqrt{z}},$$

man den Werth von z wieder herstellt,

$$\frac{c^2}{g}\left\{\text{Log.}\, e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}\right\} + \text{Const.}$$

der Constante der Integration hat man, da t,

$$= \frac{c^2}{g}.\text{Log.}\,2 + \text{Const.};$$

gesuchte Werth von x für jede gegebene

$$\text{Log.}\frac{e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}}{2} \quad \ldots \quad (E)$$

noch die Abhängigkeit der beiden Gröfsen x hat man, wie zuvor,

$$= \frac{c^2\,\partial v}{c^2 - v^2} \text{ und } \partial t = \frac{\partial x}{v},$$

an ∂t aus diesen beiden Gleichungen eli-

$$g\,\partial x = \frac{c^2.v\,\partial v}{c^2 - v^2}$$

gesuchte Integral, da v mit x verschwindet,

$$\frac{c^2}{2g} \cdot \text{Log.}\frac{c^2}{c^2 - v^2} \quad \ldots \quad (F)$$

, E und F enthalten die vollständige Auf-

ung (D) folgt sofort der merkwürdige Satz, ern, die in widerstehenden Mitteln von Dichtigkeit senkrecht herabfallen, die Ge- h immer mehr und mehr einer constanten ähert, aber dieselbe doch erst in einer un-

endlichen Zeit völlig erreicht. Ist näml
grofs, so wird die Gröfse

$$e^{-\frac{gt}{c}}$$

sehr klein, und dann geht die Gleichung (
folgende einfache

$$v = c$$

über. Dieses folgt daraus, dafs, für eine
die Geschwindigkeit g t dieses Falls endlic
stante Geschwindigkeit c weit übertreffen
ben Fall giebt auch die Gleichung (E)

$$x = \frac{c^2}{g} . \text{Log.} \tfrac{1}{2} e^{\frac{gt}{c}} = \frac{c^2}{g} . (\text{Log.} e^{\frac{gt}{c}}$$

oder auch

$$x = \frac{c^2}{g} \left(\frac{gt}{c} - \text{Log.} 2 \right) = ct -$$

das heifst

$$x = ct - 0{,}693147 \frac{c^2}{g}$$

und auch diese Gleichung zeigt, dafs
einer grofsen Zeit nach dem Anfang sei
derstehenden Mittel mit einer *gleichförm*
geht.

Wie grofs ist aber diese constant
$v = c$, die der Körper am Ende einer
reicht? Aus der Erfahrung ist bekannt,
leicht ohne eigentliche Experimente voraus
geschwindigkeit bei Körpern von dersel
stalt desto gröfser seyn wird, je mehr
je dichter sie sind. In der That erhält
Kraft eines Körpers, wenn man die bew
durch seine Masse m dividirt, woraus fo
rende Kraft, wenn alles übrige gleich ge
kehrt wie diese Masse verhalten, oder da
Es war aber auch nach der Gleichung (C

$$f = \frac{g v^2}{c^2},$$

dafs die Gröfse c^2 der Masse m proportional
dafs man die Gleichung haben wird

$$c = A.\sqrt{m},$$

stante Gröfse bezeichnet. Die gesuchte con-
windigkeit verhält sich also bei Körpern von
und Gestalt, wenn sie sich in demselben wi-
ittel bewegen, wie die Quadratwurzel ihrer
a für dieselbe Geschwindigkeit die Masse der
ers proportional ist, wie die Quadratwurzel
r Körper, übereinstimmend mit dem Vorher-

oben unmittelbar vor der Gleichung (C) ge-
gleich $\frac{c^2}{g}$ ist, oder dafs man hat

$$c = \sqrt{\frac{g D r}{\lambda \varrho}},$$

s, wenn die Dichte ϱ des Mittels gegen die
ihm bewegten Körpers sehr klein ist, die
sehr grofs wird. Da nun nach dem Vorher-
schwindigkeit v des fallenden Körpers erst
t wird, wenn $e^{-\frac{gt}{c}}$ sehr klein, oder wenn
as heifst, wenn t gegen c sehr grofs ist, so
it, in welcher die constante Endgeschwindig-
gröfser seyn mufs, je gröfser c ist, oder mit
je kleiner die Dichte ϱ des Mittels gegen die
pers seyn wird. Setzen wir der Kürze we-
gleich α, so dafs man also hat

$$\alpha = \frac{gt}{c} = t.\sqrt{\frac{g\lambda\varrho}{Dr}}.$$

zt erhält man

$$-e^{-\alpha}) = \alpha + \frac{\alpha^3}{6} + \ldots,$$

$$+e^{-\alpha}) = 1 + \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^4}{24} + \ldots$$

in

$$\text{Log. nat. } (1+\Theta) = \Theta - \frac{\Theta^2}{2} + \frac{\Theta^3}{3}$$

also auch, wenn man

$$\Theta = \tfrac{1}{2}(e^{\alpha} + e^{-\alpha}) = 1 + \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^4}{24}$$

$$\text{Log. } \tfrac{1}{2}(e^{\alpha} + e^{-\alpha}) = \frac{\alpha^2}{2} - \frac{\alpha^4}{12} + \frac{\alpha}{4}$$

Substituirt man diese Ausdrücke in den obi
und (E), das heifst, in den Gleichungen

$$v = c \cdot \frac{e^{\alpha} - e^{-\alpha}}{e^{\alpha} + e^{-\alpha}} \text{ und } x = \frac{c^2}{g} \cdot \text{Log}$$

so erhält man

$$\frac{v}{c} = \alpha - \tfrac{1}{3}\alpha^3 + \ldots$$

und

$$\frac{x}{c} = \tfrac{1}{2}\alpha t - \frac{\alpha^3 t}{12} + \ldots$$

oder, wenn man den Werth von $\alpha = \frac{gt}{c}$

$$v = gt - \frac{g^3 t^3}{3c^2} + \ldots,$$

$$x = \tfrac{1}{2} g t^2 - \frac{g^3 t^4}{12 c^2} + \ldots$$

und diese zwei Gleichungen wird man sta
den (D) und (E) gebrauchen, so lange t
Gröfse ist, und sie werden für dieselbe
seyn, je gröfser c, das heifst, je kleiner di
tels gegen die Dichte D des in ihm beweg
endlich diese Dichte ϱ des Mittels unend
man in den beiden letzten Gleichungen die
Glieder auch für eine sehr grofse Zeit ganz
und dadurch erhalten

$$v = gt \text{ und } x = \tfrac{1}{2} g t^2$$

welches die bekannten Gleichungen für
im *freien Raume* fallenden Körpers sind[1].

1 Vergl. Art. *Fall der Körper*. B. IV. S. 6.

wir nun auf gleiche Weise die Bewegung eines der in einem widerstehenden Mittel senkrecht fen wird. Wir wollen auch hier für den Kör- vom Halbmesser r annehmen, so dafs man, wie

$$c^2 = \frac{gDr}{\lambda\varrho},$$

r Gleichung vorkommenden Buchstaben wieder eutung haben. Da hier die beschleunigende $g - \frac{gv^2}{c^2}$ ist, so hat man die Fundamental-

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -g - \frac{gv^2}{c^2}$$

$$\frac{g\,\partial t}{c} = -\frac{c\,\partial v}{c^2 + v^2}.$$

er Gleichung ist, wenn a die anfängliche Ge- zeichnet, mit welcher der Körper senkrecht wird,

$$\text{Tang.}\ \frac{v}{c} = \text{Arc. Tang.}\ \frac{a}{c} - \frac{gt}{c}.$$

ein

$$\text{Arc. Tang.}\ \alpha - \text{Arc. Tang.}\ \beta = \text{Arc. Tang.}\ \frac{\alpha - \beta}{1 + \alpha\beta}.$$

$$= \frac{a}{c} \text{ und } \frac{gt}{c} = \text{Arc. Tang.}\ \beta,$$

$$\text{Arc. Tang.}\ \alpha - \text{Arc. Tg.}\ \beta = \text{Arc. Tg.}\ \frac{\alpha - \beta}{1 + \alpha\beta},$$

$$= \frac{\alpha - \beta}{1 + \alpha\beta} = \frac{\frac{a}{c} - \text{Tang.}\ \frac{gt}{c}}{1 + \frac{a}{c}\text{Tang.}\ \frac{gt}{c}},$$

$$\frac{v}{c} = \frac{a\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c} - c\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c}}{a\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c} + c\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c}} \cdots$$

und diese Gleichung giebt die Geschwindig
für jede Zeit t.

Da ferner $\partial x = v\partial t$ ist, so erhält n
dem letzten Ausdruck den erhaltenen Werth

$$\partial x = \frac{a\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c} - e\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c}}{a\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c} + c\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c}} \cdot$$

und davon ist das Integral, wenn x n
schwindet,

$$x = \frac{c^2}{g}\,\mathrm{Log.}\left(\frac{a}{c}\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c} + \mathrm{Cos.}\frac{gt}{c}\right)$$

Diese Gleichung giebt den zurückgelegten
für jede Zeit t.

Um endlich auch hier die Abhängigke
x und v von einander zu finden, so hat n
obige erste Gleichung

$$\partial t = -\frac{c^2\partial v}{g(c^2+v^2)}$$

in der allgemeinen Gleichung $\partial x = v\partial t$ s

$$g\partial x = -\frac{c^2 v\partial v}{c^2+v^2},$$

wovon das Integral ist

$$x = \frac{c^2}{2g} \cdot \mathrm{Log.}\frac{a^2+c^2}{c^2+v^2} \cdots$$

und die Gleichungen (G), (H) und (I) ge
Auflösung des Problems.

Um zu sehn, ob auch diese drei Gleic
grofses c, das heifst, für eine sehr gering
widerstehenden Mittels die bekannten Aus
wegung eines im *freien Raume* senkrecht

geben, sey $c = \frac{1}{\alpha}$, wodurch die Gleichung (G)
geht:

$$= \frac{a\alpha \,\mathrm{Cos.}\,\alpha g t - \mathrm{Sin.}\,\alpha g t}{a\alpha^2 \,\mathrm{Sin.}\,\alpha g t + \alpha \,\mathrm{Cos.}\,\alpha g t}.$$

des Zählers ist, wenn man nach der Differen-
etzt hat, gleich $a - gt$, und auf gleiche Weise
Differential des Nenners, wenn man $\alpha = 0$
n Werthe die Einheit, so dafs man daher für
$c = \infty$ statt der Gleichung (G) die folgende

$$v = a - gt \ldots \quad (G').$$

Gleichung (I), wenn man wieder $c = \frac{1}{\alpha}$ setzt,

$$\left\{\mathrm{Log.}(1 + \alpha^2 a^2) - \mathrm{Log.}(1 + \alpha^2 v^2)\right\}.$$

dieses Bruchs ist das erste Differential

$$\left(\frac{2\alpha a^2}{1 + \alpha^2 a^2} - \frac{2\alpha v^2}{1 + \alpha^2 v^2}\right) \partial\alpha$$

dem Nenner

$$4 g \alpha . \partial \alpha .$$

en Quotient für $\alpha = 0$ wieder den unbestimm-

$$\frac{0 - 0}{0}$$

man diese Gröfsen noch einmal differentiiren,
as zweite Differential des Zählers für $\alpha = 0$
v^2 und ebenso das zweite Differential des Nen-
hält, so dafs demnach der wahre Werth von x
rn Fall $\alpha = 0$ aus der Gleichung (I) folgen-

$$x = \frac{a^2 - v^2}{2g} \ldots \quad (I').$$

in der letzten Gleichung statt v den bereits
rth $v = a - gt$, so erhält man

$$x = at - \tfrac{1}{2} g t^2 \ldots \quad (H')$$

rmation der obigen Gleichung (H) für den be-
$= 0$ oder $c = \infty$ oder endlich $\varrho = 0$, und diese

drei Gleichungen stimmen mit denjenigen übe
senkrecht aufwärts geworfene Körper im *freie*

Noch ist bei diesem zweiten Probleme
zu bestimmen, die der Körper im widersteh
reichen kann. Diese gröfste Höhe, die wir
nen wollen, hat offenbar dann statt, wenn
keit v des Körpers gleich Null ist. Für $v =$
Gleichung (I)

$$h = \frac{c^2}{2g} \text{Log.} \frac{a^2 + c^2}{c^2},$$

und dieses ist der Ausdruck für die gesuchte
der sich der Körper erheben kann. Nennt m
der Körper verwendet, um zu dieser Höhe
hat man, wenn in der Gleichung (G) die
$t = t'$ gesetzt wird,

$$t' = \frac{c}{g} \text{ Arc. Tang. } \frac{a}{c}.$$

Wenn der Körper diese Höhe erreicht hat,
auf demselben Wege, auf welchem er gestieg
len, und diese seine niedergehende Bewegu
dem ersten Problem, durch die drei Gleichun
(F) bestimmt werden. Nennt man a' die G
Ende seines Falls von der ganzen Höhe h,
möge der Gleichung (F) haben

$$h = \frac{c^2}{2g} \text{Log.} \frac{c^2}{c^2 - a'^2}.$$

Setzt man diese beiden Werthe von h einand
hält man

$$\frac{c^2}{c^2 - a'^2} = \frac{a^2 + c^2}{c^2}$$

und daher auch

$$a'^2 = \frac{a^2 . c^2}{a^2 + c^2},$$

woraus folgt, dafs a' kleiner als a ist, oder
wenn er von seiner gröfsten Höhe wieder
Ausgangspuncte zurückgefallen ist, eine klein

---

1 Vergl. Art. *Fall der Körper.* Bd. IV. S. 8.

er das erste Mal, im Anfange seiner Bewegung,
ncte hatte.

nan ebenso t″ die Zeit seines Falls durch die
, so hat man, wenn man in der obigen Glei-
ımlich in

$$gt = \tfrac{1}{2}c.\text{Log.}\frac{c+v}{c-v}$$

$= a'$ setzt,

$$t'' = \frac{c}{2g}\text{Log.}\frac{c+a'}{c-a'},$$

wenn man für a' den so eben gefundenen Werth

$$\text{og.}\frac{\sqrt{a^2+c^2}+a}{\sqrt{a^2+c^2}-a} = \frac{c}{g}\text{Log.}\frac{c}{\sqrt{a^2+c^2}-a}.$$

ıer $T = t' + t''$ die Summe der zwei Zeiten des
l des Niedergehens des Körpers zu seinem ersten
, so hat man

$$\text{Tang.}\frac{a}{c} + \text{Log.}\frac{c}{\sqrt{a^2+c^2}-a} \ldots \quad (K)$$

(K) wird ein gutes Mittel abgeben, die Gröfse
er interessantesten Fälle, die hier vorkommen
timmen. Wenn nämlich eine Kanone senk-
wird, so wird man nur die Zeit des Austritts
der Mündung der Kanone und die Zeit ihres
den Boden bemerken dürfen, eine Beobachtung,
gen Geschwindigkeit der Bewegung der Kugel
mit grofser Genauigkeit wird gemacht werden
st T die Differenz dieser beiden Zeiten und
erdiefs die anfängliche Geschwindigkeit a, so
Gleichung auch den Werth von c kennen leh-
ber

$$c^2 = \frac{gDr}{\lambda\varrho},$$

nte der Kugel vom Halbmesser r, ϱ die Dichte
nden Mittels, hier der Atmosphäre, und λ
röfse, die nach BORDA gleich $\frac{9}{40}$ ist, bezeich-
an c′ den Werth von ϱ für eine andere Kugel

aus derselben Materie, deren Halbmesser
man

$$c'^2 = \frac{gDr'}{\lambda\varrho}$$

und daher

$$\frac{c'}{c} = \sqrt{\frac{r}{r}},$$

so dafs man daher, wenn man den Werth
zige Kugel kennen gelernt hat, auch sofort
dere, aus derselben Masse verfertigte Kugel

B. Pendelbewegungen in wid Mitteln.

Besonders wichtig ist die Lehre von de
der Theorie der Pendelbewegung, da wir
diesen Instrumenten nicht anders, als in de
stellen können.

Um das Folgende besser zu übersehn,
die bereits oben[1] für den leeren Raum erl
Fig. 192. kurz zusammen. Ist C der Mittelpunct
dessen Halbmesser a ist, und läfst man
unterworfenen körperlichen Punct von dem
so wird er in der inneren Seite dieses Krei
ABA', und zwar, im freien Raume, so lan
auf der andern Seite der Verticale CB einen
hat, der mit dem Ausgangspuncte A diesel
Horizonte hat. Von diesem Puncte A wir
denselben Bogen A'BA in derselben Zeit
Punct A gehn, und diese Bewegung wird
setzen.

Es sey $BCA = \alpha$ der anfängliche Wi
Radius CA des Kreises mit dem verticalen
det, und ebenso sey $BCM = \Theta$ der Wink
Radius CM mit derselben Verticale für jede
dem Anfange der Bewegung in A, wo di
α auf der Seite der Verticale bei A positiv

---

1 S. Art. *Pendel.* Bd. VII. S. 306.

i A' negativ zu nehmen sind. Wenn nun der Winkel BCA = α, wie dieses bei Pendelbeobachder Fall ist, nur klein angenommen wird, so e Bewegungen des Pendels im freien Raume, wenn ar. Fufs die Schwere und t die Zeit des Falls durch zeichnet,

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial t^2} = -\frac{g}{a} \text{ Sin. } \Theta$$

$$\frac{\partial \Theta^2}{\partial t^2} = \frac{2g}{a} (\text{Cos. } \Theta - \text{Cos. } \alpha),$$

an α und Θ nur kleine Winkel sind,

$$t = \sqrt{\frac{a}{g}} . \text{ Arc. Cos. } \frac{\Theta}{\alpha}$$

$$\Theta = \alpha \text{ Cos. t. } \sqrt{\frac{g}{a}}.$$

chwindigkeit des bewegten Punctes aber ist für Ankunft in M oder am Ende der Zeit t

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = -\alpha \sqrt{\frac{g}{\alpha}} . \text{ Sin. t } \sqrt{\frac{g}{a}},$$

wahre Geschwindigkeit desselben

$$\frac{a \partial \Theta}{\partial t} = -\alpha \sqrt{ag} . \text{Sin. t } \sqrt{\frac{g}{a}},$$

ch die wahre Geschwindigkeit des bewegten n untersten Punct B seiner kreisförmigen Bahn, $\frac{a}{g}$ ist, gleich $-\alpha \sqrt{ag}$ seyn wird, negativ, ung dieser Geschwindigkeit von dem Puncte B e rechte Seite der Verticale CB geht.

den ganzen Bogen ABA' einen *Schwung* oder . Nach dem Vorhergehenden ist demnach die nzen Schwungs

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}},$$

nte Ludolph'sche Zahl bezeichnet.

rgehende setzt voraus, dafs der Bogen AB des

halben Schwunges oder dafs der anfängli
α, also auch der Winkel Θ nur klein is
Winkel von beliebiger Gröfse aber hat ma
zen Schwungs durch den Bogen ABA′ od

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}} \cdot \left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\beta}{2} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \left(\frac{\beta}{2}\right)^2 + \left(\frac{1.3}{2.4}\right.\right.$$

wo $\beta = 1 - \text{Cos.}\,\alpha$ oder wo β der Sinus
Diese Reihe ist für alle Bogen α converge
ihrer Natur nach immer kleiner als die Ei

Nach dieser kurzen Zusammenstellun
die Pendelbewegung im leeren Raume wen
dieser Bewegung im widerstehenden Mittel
vorhergehenden Bezeichnungen bei und
Bogen $AM = s$, so hat man, wenn die
parallele Linie $Ma = g$ die Schwere bezei
der Tangente des Kreises in M zerlegte Sch
da $BCM = \Theta$, also auch $aMb = 90° - \Theta$ i
f die accelerirende Kraft, die von dem Wi
hat man nach den ersten Vorschriften der
chung

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = g\,\text{Sin.}\,\Theta - f \ldots \quad (L)$$

und es wird nun darauf ankommen, die Fu
men und dann die Gleichung (L) zu integr

Nimmt man an, dafs der Widerstan
schwindigkeit verhalte, so hat man, wenn
bene constante Geschwindigkeit bezeichnet,

$$f = \frac{g}{c} \cdot \frac{\partial s}{\partial t}.$$

Weiter ist im Kreise $s = a(\alpha - \Theta)$, also au

$$\frac{\partial s}{\partial t} = -\frac{a\,\partial\Theta}{\partial t},$$

und wenn die Winkel α und Θ wieder n
werden,

$$\text{Sin.}\,\Theta = \Theta - \tfrac{1}{6}\Theta^3 + \ldots$$

so dafs demnach die Gleichung (L) in folge

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2}+\frac{g}{c}\cdot\frac{\partial\Theta}{\partial t}+\frac{g}{a}.\Theta=0,$$

s bekannte Integral

$$.\mathrm{Cos.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}+C'.\mathrm{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}\Big\}.e^{-\frac{gt}{2c}},$$

zwei Constanten der Integration sind und wo

$$\gamma^2=1-\frac{ga}{4c^2}$$

n C und C′ werden dadurch bestimmt, dafs

=0 im Anfange der Bewegung oder für t=0

at

$$C=\alpha \text{ und } C'=\frac{\alpha\sqrt{ga}}{2\gamma c}.$$

er das obige Integral die Gestalt annehmen

$$.t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}+\frac{\sqrt{ga}}{2\gamma k}.\mathrm{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}\Big\}.e^{-\frac{gt}{2c}},$$

erste Differential

$$-\frac{\alpha}{\gamma}\cdot\sqrt{\frac{g}{a}}.\mathrm{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}.e^{-\frac{gt}{2c}}$$

tzten Gleichungen geben für jede Zeit t die durch den Winkel Θ und seine Geschwin-

Ende eines jeden ganzen Schwungs durch

ist der Körper in A′, und da er hier, wenn Puncte gestiegen ist, wieder zu fallen an-

diesen Punct A′ die Geschwindigkeit $\frac{a\partial\Theta}{\partial t}$

uch $\mathrm{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}$ gleich Null oder $t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}$

leich 1, 2, 3.. ist. Die Schwingungen des henden Mittel sind daher auch isochron, wie und da am Ende des ersten Schwungs

$\sqrt{\frac{g}{a}}=\pi$ und $t=T$ ist,

r die Zeit T eines Schwungs

$$T = \frac{\pi}{\gamma}\sqrt{\frac{a}{g}}$$

(während im leeren Raume $T = \pi\sqrt{\frac{a}{g}}$ w

Nicht so ist es mit den Amplitüden Ausweichung a des Pendels, die im leere selbe bleibt, im widerstehenden Mittel wird. Am Ende des ersten Schwungs ist und daher die obige Gleichung für Θ

$$\Theta = a.e^{-\frac{gt}{2c}},$$

oder, wenn man darin den Werth von t

$$\Theta \text{ oder } a' = a.e^{-\frac{\pi}{}}$$

Am Ende des zweiten Schwungs ist $t\gamma\sqrt{}$ jene Gleichung

$$\Theta \text{ oder } a'' = a.e^{-\frac{gt}{2c}} = a.e$$

und ebenso erhält man für die Amplitüde

$$a''' = a.e^{-\frac{3\pi\sqrt{ag}}{2\gamma c}}$$

und überhaupt für die Amplitüde des nte

$$a^n = a.e^{-\frac{n\pi\sqrt{ga}}{2\gamma c}},$$

so dafs also diese auf einander folgenden metrische Progression bilden, deren Verl

$$e^{-\frac{\pi\sqrt{ga}}{2\gamma c}}.$$

Bemerken wir noch, dafs die Differential Ordnung

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2} + A.\frac{\partial\Theta}{\partial t} + B.\Theta =$$

je nach den Werthen der zwei constant verschiedene Integrale giebt. Sind n

adratischen Gleichung $u^2 + Au + B = 0$, so diese Wurzeln reell sind, für das gesuchte

$$\Theta = C.e^{mt} + C'.e^{nt},$$

r, die Basis der natürlichen Logarithmen be- aber diese zwei Wurzeln imaginär und von $\sqrt{-1}$, so ist das Integral

$$= e^{m't}.(C\,\mathrm{Cos}.n't + C'.\mathrm{Sin}.n't).$$

beiden Wurzeln unter sich gleich, so hat

$$\Theta = e^{mt}.(C + C't).$$

n Obigen den zweiten dieser drei Fälle ge- ie gegebene Gleichung

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2} + \frac{g}{c}.\frac{\partial\Theta}{\partial t} + \frac{g}{a}.\Theta = 0,$$

$B = \frac{g}{a}$ gesetzt wird, die beiden Wurzeln der

$$U^2 + Au + B = 0$$

sdrücke gegeben werden:

$$= \frac{-ag \pm \sqrt{a^2g^2 - 4agc^2}}{2ac}$$

$$= \frac{-ag \pm \sqrt{-4agc^2\gamma^2}}{2ac},$$

Wurzeln imaginär sind, da a und g ihrer ie die Quadrate c^2 und γ^2, immer positive en; die Gröfse γ aber oder

$$\gamma = \frac{1}{2c}\sqrt{4c^2 - ag}$$

se, da für den Fall in der Natur c^2 immer g seyn wird. Denn die Pendel, mit wel- anzustellen pflegen, haben immer nur eine ge, also ist a nur klein. Was aber die o hat man, wie bereits oben gezeigt worden

Anleit. z. höhern Mathem. Wien 1836. S. 414.

ist, $c^2 = \frac{gDr}{\lambda\varrho}$, wo D die Dichte der klei
messer r, die an den Faden des Pendels
wo ϱ die Dichte des widerstehenden Mi
also D viel gröfser als ϱ und daher c
seyn wird. Man sieht auch schon ohne w
diese Gröfse γ eine von der Einheit nur
dene Zahl seyn kann. Die Zeit des Schw

für den leeren Raum

und

für ein widerstehendes Mittel

und da das widerstehende Mittel diese Ze
gröfsern, aber auch, wenn die Dichte de
Luft, nur sehr gering ist, nur sehr we
so mufs γ eine Zahl seyn, die nur wenig
heit ist.

Alles Vorhergehende ist auf die Ann
der Widerstand, den das Pendel während
fährt, der Geschwindigkeit desselben prop
That zeigen auch die Beobachtungen, daf
Schwingungsbogen (wenigstens wenn dies
wie dieses bei allen unsern Pendelbeobac
sehr nahe in einer geometrischen Progres
wir dieses oben auch durch die Rechn
Die schönen und sorgfältigen Beobachtung
lier Borda in Paris angestellt hat, zeigte
plitüde seiner Schwingungen deutlich de
chen Progression folgte, und dafs erst na
gen die Amplitüde des Bogens auf zwei D
lichen Gröfse reducirt worden ist. Dieses
oben gegebenen Ausdrucks

$$e^{-\frac{1800\pi\sqrt{ga}}{2\gamma c}} = \frac{2}{3},$$

woraus folgt

$$\frac{1800\pi\sqrt{ga}}{2c} = \gamma \operatorname{Log}.\tfrac{3}{2} = \gamma .0$$

Da aber

$$\frac{\sqrt{ga}}{2c} = \sqrt{1-\gamma^2}$$

$$0\pi\sqrt{1-\gamma^2} = 0{,}40546\gamma,$$

$$\gamma = 1{,}0000000026,$$

len merklichen Fehler $\gamma = 1$, so dafs man hnung von T die Rücksicht auf den Wi- in diesen Beobachtungen wenigstens, gänz- . Allein alles dieses gilt nur für sehr kleine ; für gröfsere Amplitüden zeigen die Beob- gs eine Abnahme derselben nach dem Ge- schen Progression, so dafs auch wohl unsere g, dafs der Widerstand der ersten Potenz it proportional sey, nicht als sehr wahr- men werden kann.

noch, wie sich die Beobachtung der Pen- derstehenden Mittel mit der andern, bereits Hypothese vertrage, nach welcher der Wi- drate der Geschwindigkeit proportional ist. se ist man übrigens, ohne eigentliche Beob- n erst später damit zu vereinigen gesucht en einfachen Schlufs geführt worden. Der wegung eines festen Körpers in einem flüs- let, mufs sich offenbar verhalten, wie die it, die durch den festen Körper verdrängt wie die Geschwindigkeit, mit welcher sie llein die Masse der verdrängten Flüssigkeit windigkeit des festen Körpers proportionirt, Widerstand der Flüssigkeit dem Quadrat des in ihr bewegten Körpers proportionirt

celerirende Kraft f des Widerstandes

$$f = \frac{g}{c^2} \cdot \left(\frac{\partial s}{\partial t}\right)^2,$$

ebene Geschwindigkeit c eine sehr grofse

$$f = \frac{2\alpha g}{c^2}$$

einen gegen die Einheit sehr kleinen Bruch be
man hat

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = g\,\mathrm{Sin.}\,\Theta - \frac{g}{c^2}\cdot\frac{\partial s^2}{\partial t^2},$$

oder da, wie zuvor, $\partial s = -\,a\partial\Theta$ ist,

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2} + \frac{g}{a}\,\mathrm{Sin.}\,\Theta = \tfrac{1}{2}\,b\cdot\frac{\partial\Theta^2}{\partial t^2}\ \ldots$$

Diese letzte Gleichung soll nun zweimal integ
die Geschwindigkeit $\frac{a\partial\Theta}{\partial t}$ sowohl, als auch
Pendels für jede gegebene Zeit t zu finden.

Ohne uns bei den Kunstgriffen, diese Gl
griren, weiter aufzuhalten, da sie der Leser
Ausgabe von Poisson's Mécanique Vol. I. S.
nen kann, begnügen wir uns, als Endresultat
zu bemerken, dafs unter der Voraussetzung, da
also auch sein anfänglicher Werth α nur kl
Ausdrücke statt haben. Man erhält nämlich
tegral der vorhergehenden Gleichung

$$\frac{a^2\partial\Theta^2}{\partial t^2} = \frac{2ag}{1+b^2}\Big[\mathrm{Cos.}\,\Theta + b\,\mathrm{Sin.}\,\Theta - (\mathrm{Cos.}\,\alpha + b\,\mathrm{Si}$$

und dieser Ausdruck giebt die Geschwindigke
Werth des Winkels Θ. Für den tiefsten P
hat man $\Theta = 0$, also auch

$$\frac{a^2\partial\Theta^2}{\partial t^2} = \frac{2ag}{1+b^2}\Big[1 - (\mathrm{Cos.}\,\alpha + b\,\mathrm{Sin.}\,\alpha)\cdot e^{-}$$

Für den leeren Raum aber haben wir oben fü
Geschwindigkeit in dem tiefsten Puncte erhalt

$$\frac{a\partial\Theta}{\partial t} = -\,a\sqrt{ag},$$

oder, da α nur klein, also auch sehr nahe α^2
ist,

$$\frac{a^2\partial\Theta^2}{\partial t^2} = 2ag\,(1 - \mathrm{Cos.}\,\alpha),$$

so dafs demnach diese Geschwindigkeit in de
im widerstehenden Mittel offenbar *kleiner* is

Körper wird also auch im widerstehenden Mittel
Seite der Verticale CB nicht wieder bis zu der-
A′ steigen können, die er im Anfange seiner Be-
wie dieses wohl im leeren Raume der Fall ist.
den Bogen BA′, in welchem er seine aufstei-
g oder in welcher er den zweiten Theil seiner
on vollendet, so findet man

$$= \alpha - \frac{2b}{\text{Sin. } \alpha} (\text{Sin. } \alpha - \alpha \text{ Cos. } \alpha),$$

beiden Bogen α und α_1 nur klein sind,

$$\alpha_1 = \alpha - \frac{2b\alpha^2}{3}.$$

Körper bis zu dem höchsten Puncte A_1 gekom-
d er wieder zu fallen anfangen, und so nach
Oscillationen um die Verticale CA in immer
so lange fortsetzen, bis diese Bogen endlich
nahe gleich Null seyn werden. Ist α_2 der
r zweiten Oscillation, oder bezeichnet α_2 den
em der Körper sich bewegt, wenn er das er-
von B gegen den Anfangspunct A aufsteigt, so
o

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \frac{2b\alpha_1^2}{3},$$

d α_4 die nächstfolgenden aufsteigenden Halb-
zeichnen, so ist

$$\alpha_3 = \alpha_2 - \frac{2b\alpha_2^2}{3},$$

$$\alpha_4 = \alpha_3 - \frac{2b\alpha_3^2}{3} \text{ u. s. w.}$$

e von α, α_1, α_2, α_3.... zeigen, dafs die
n nicht mehr in einer geometrischen Progres-
wie bei der vorhergehenden Hypothese, wo der
ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional
.

ch die Zeit t zu bestimmen, in welcher der
kgelegt wird, so findet man aus der Gleichung
ation, wenn wieder der Winkel α nur klein

haben, so dafs daher die Geschwindigkei
Puncte B durch den Widerstand in de
$1 - \frac{ab}{3}$ zur Einheit vermindert wird.

Alle diese Resultate sind, wie man sie
der Gröfse f des Coefficienten des Widerstan
blofs den Winkel a klein voraus. Sie w
gut für Pendel gehören, die sich in der L
irgend einer Flüssigkeit bewegen, wenn ma
für jedes dieser Mittel gehörig bestimmt.
unnöthig, noch andere Hypothesen zu m
Widerstand der dritten oder vierten oder
Potenz der Geschwindigkeit proportional is
a, wie bisher, nur sehr klein angenomm
suchenden Werthen von ν und Θ doch
gen Ausdrücke finden würde, so lange
höhern Potenzen von a vernachlässigt, w
bei allen Versuchen mit Pendeln aus be
thun gezwungen ist.

Beschliefsen wir diesen Gegenstand du
die man bisher bei den Pendelbeobachtung
man auch auf sie zu verwenden suchte, gä
hat, und auf die zuerst Bessel, der be
Königsberg, aufmerksam gemacht hat. B
Gewicht der festen Körper, wenn sie in
getaucht werden, um das Gewicht eines
mens dieser Flüssigkeit vermindert. Ist nä
eines Körpers im leeren Raume, P' in der
ser, und Π endlich das Gewicht eines glei
von Luft oder Wasser, so hat man

$$P' = P - \Pi.$$

Bezeichnet aber ϱ das Verhältnifs der Dic
des festen Körpers, g die Schwere im le
in der Luft, so hat man, wenn m die Ma
pers ist,

$$\Pi = P\varrho; \; P = mg \text{ und } P' =$$

also ist auch die vorige Gleichung

$$g' = g\,(1 - \varrho).$$

Bezeichnet man aber durch T und T' die

für die Schwere g und g′, so hat man, wenn
en in kleinen Bogen vor sich gehn,

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}} \text{ und } T' = \pi \sqrt{\frac{a}{g'}},$$

$$T' = \frac{T}{\sqrt{1-\varrho}} \ldots \text{(m)}$$

a′ die Länge eines Pendels, das unter dem
ere g′ seine Schwingungen in derselben Zeit
Pendel der Länge a unter der Schwere g, so

$$\sqrt{\frac{a}{g}} = \sqrt{\frac{a'}{g'}}$$

$$a' = a(1-\varrho) \ldots \text{(n)}.$$

en Betrachtung, dafs die festen Körper, wenn
ucht werden, *selbst im Zustande der Ruhe*
verlieren, folgt schon, dafs die Schwin-
Körper nach der Gleichung (m) durch den
lüssigkeit in dem Verhältnifs von $\sqrt{1-\varrho}$
öfsert und dafs nach der Gleichung (n) die
el von denselben Schwingungszeiten in dem
$-\varrho$ zur Einheit verkleinert werden.

Gewichtsverlust der festen Körper in den
in besteht vorzüglich die erwähnte Bemerkung
anderer, wenn der Körper in dieser Flüssig-
und wenn er in ihr eine schwingende Be-
Zustande der Bewegung ist jener Verlust
r Ruhe, und man mufs daher bei dem vor-
drucke die Gröfse ϱ durch eine Gröfse μ
etwas gröfser als die Einheit ist und die
bewegten Körpers abhängt. Für solche Pen-
kleinen, an einem sehr feinen Faden befe-
ehn, wurde μ nahe gleich $\frac{3}{4}$ gefunden, so
gen (m) und (n) in folgende übergehn:

$$\frac{T}{1-\frac{3}{4}\varrho} = T.(1+\tfrac{3}{4}\varrho) \text{ und } a' = a\ (1-\tfrac{3}{4}\varrho).$$

Diesem gemäfs mufs also auch die Correctio
zahl der beobachteten Schwingungen, die ob
nahe ihre Hälfte vergröfsert werden[2].

C. Planetenbewegungen im wi Mittel.

In den neueren Zeiten hat sich die T
standes auch in der Astronomie geltend z
Bisher wurde allgemein angenommen, daf
unsers Sonnensystems im leeren Raume,
nem äufserst dünnen Medium bewegen, wel
wegung durchaus keinen bemerkbaren Einf
Stande sey, allein seit Encke die von ihm
zung der Umlaufszeit des nach ihm genan
einem solchen Widerstande zu erklären vers
angemessen erscheinen, die Wirkung, welch
auch äufserst verdünntes Medium auf die Hi
könnte, etwas näher zu untersuchen.

Wir haben bereits oben[3] auf die wicht
merksam gemacht, welche man durch die
constanten Gröfsen einer gegebenen Gleich
Das gegenwärtige Problem giebt uns Gelege
Rede stehende Verfahren weiter auszudehn
trefflichkeit dieser Methode noch näher kenn
meisten ausgebildet aber findet man sie in d
genannten *säculären Störungen* der Planeten
Grange in seiner unsterblichen *Mécanique*
stellt hat und die später besonders von Lap
weiter entwickelt worden ist. Immerhin da
einfache und auf ihre Grundprincipien reduci

---

1 S. Art. *Pendel*. Bd. VII. S. 332.

2 M. s. darüber nebst dem, was bereits in
346 u. f. gesagt wurde: Bessel, Untersuchungen
einf. Secundenpendels. Berlin 1828; Francis Bai
of Pendulum. London 1832. S. 433 und Poisson
Vol. I. S. 363. Von vorzüglichem Einfluss ist der
auf die Bahnen der Geschützkugeln, wovon man d
reits oben Art. *Ballistik* Bd. I. S. 697 gesammelt f

3 S. Art. *Umhüllung*. Bd. IX. S. 1209.

digen Verfahrens, durch welches unsere mathema-
sis gleichsam eine neue Gestalt gewonnen hat und
endung auf Gegenstände der Physik den gröfsten
diese Wissenschaft verspricht, in einem Werke
cht vermifst werden.

nan x und y die rechtwinkligen Coordinaten eines
o x in der Linie der Nachtgleichen und x.y in
r Ekliptik und wo der Anfangspunct dieser Coor-
eich der Mittelpunct der Sonne ist, so hat man
ur Bestimmung der Bahn, welche der Planet um
chreibt, vorausgesetzt, dafs die gegenseitige Anzie-
Körper sich direct wie ihre Massen und verkehrt
drat ihrer Entfernung verhält, die beiden Diffe-
ngen der zweiten Ordnung

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}+\frac{\mu x}{r^3}&=0\\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{\mu y}{r^3}&=0\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (I)$$

$\sqrt{+y^2}$ die Entfernung des Planeten von der Sonne,
nte Gröfse und endlich ∂t das Element der Zeit

llen uns bei der Integration dieser beiden Glei-
anfhalten, sondern nur bemerken, dafs, wenn
h ∂x und die zweite durch ∂y multiplicirt wird,
eser Producte giebt

$$\frac{\partial x^2+\partial y^2}{\partial t^2}=\frac{2\mu}{r}-\frac{\mu}{a},$$

tante der Integration bezeichnet. Multiplicirt man
jener Gleichungen durch y und die zweite durch
ie Differenz dieser Producte

$$\frac{x\partial y-y\partial x}{\partial t}=\sqrt{\mu p},$$

die Constante der Integration ist. Nennt man
Winkel, welchen der Radius Vector r mit der Axe
oder ist v die sogenannte *wahre Länge* des Pla-
man

rt. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1569.

$x = r\,\mathrm{Cos.}\,v$ und $y = r\,\mathrm{Sin.}$

und wenn man diese Werthe von x und y
tiale in die zwei vorhergehenden Gleichung
gehn sie dadurch in folgende über:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial r^2 + r^2 \partial v^2}{\partial t^2} &= \frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a} \\ \frac{r^2 \partial v}{\partial t} &= \gamma \overline{\mu p} \end{aligned}\right\} \ldots$$

die man auch so schreiben kann, um die b
führten Constanten a und p wieder zu entfe

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial . (\partial r^2 + r^2 \partial v)}{\partial t^2} - 2\mu\,\partial . \frac{1}{r} &= 0 \\ \partial . r^2 \partial v &= 0 \end{aligned}\right\}$$

Diese Gleichungen (II), oder die ihnen un
henden, sind als die ersten Integrale der G
zusehn, und von ihnen giebt, wie man s
Geschwindigkeit des Körpers in seiner
drückt das bekannte Gesetz aller Centralbew
die von dem Radius Vector beschriebene Fl
portional ist. Die endlichen Integrale der Gl
die man in allen besseren Lehrbüchern der
Astronomie entwickelt findet und die auch
getheilt wurden, sind folgende:

$$r = a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u)$$

$$n\,t + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u$$

$$\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}(v - \omega) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\,\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,u$$

In diesen Ausdrücken bezeichnen r und v
und die wahre Länge des Planeten, wie zuv

E die sogenannte Epoche oder die mittle
neten für die Zeit $t = 0$;

ω die Länge des Periheliums der elliptisc
oder den Winkel, welchen der kürzeste
Planeten mit der Axe der x macht;

---

1 S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2313.

ſse Axe und ae die Excentricität der ellip-

ɨgliche Bewegung des Planeten, also auch
sogenannte mittlere Anomalie des Planeten.

endlich (oder die excentrische Anomalie) er-
s eine Hülfsgröſse zur bequemeren Berech-
nach die beiden ersten der Gleichungen (III),
ı eliminiren kann, als eine einzige Gleichung
. Diese Gleichungen (III) sollen uns näm-
setzen, für jede gegebene Zeit t den wahren
in seiner Bahn zu bestimmen. In der That
eite jener Gleichungen für jeden Werth von
ı. Kennt man aber u, so giebt die erste
den Radius Vector r, und die dritte end-
ıge ν. Durch diese beiden Gröſsen r und ν
sieht, der gesuchte Ort des Planeten voll-

ɜen a, e, E und ω sind also die vier will-
ɜstanten Gröſsen, die durch die doppelte In-
Gleichungen (I) eingeführt worden sind;
st eine andere Constante, die nach dem be-
EPLER's mit der Gröſse a und der anfangs
μ durch folgende Gleichung:

$$a^3 . n^2 = \mu \text{ oder } n = \frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}}$$

ı Gleichungen (III) auch noch die Gleichung
ı den beiden Polarcoordinaten r und ν ab-
nan den Ausdruck

$$\text{Tang.}^2 \frac{u}{2} = \frac{1-e}{1+e} \cdot \text{Tang.}^2 \frac{\nu-\omega}{2}$$

Weise schreiben:

$$\frac{\text{Cos. u}}{\text{Cos. u}} = \frac{1-e}{1+e} \cdot \frac{1-\text{Cos.}(\nu-\omega)}{1+\text{Cos.}(\nu-\omega)},$$

ı Gleichung folgt sofort

$$\text{Cos. u} = \frac{e+\text{Cos.}(\nu-\omega)}{1+e\,\text{Cos.}(\nu-\omega)}.$$

Substituirt man aber diesen Werth von Co
Gleichungen (III), so erhält man

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\,\mathrm{Cos.}(\nu-\omega)},$$

und dieses ist demnach die gesuchte Gleic
also

eine Ellipse ist, wenn a positiv, oder
— Hyperbel —, — a negativ, —
— Parabel —, — a unendlich, —

Stellen wir demnach die Gleichungen (II
besseren Uebersicht zusammen, so hat ma
Kürze wegen die Constante $a(1-e^2) =$

$$r = a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u) = \frac{p}{1+e\,\mathrm{Cos.}(\nu-}$$

$$\left(\frac{\mu}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}}.t + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u$$

$$\mathrm{Tang.}\tfrac{1}{2}(\nu-\omega) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}.\ \mathrm{Tang.}\ \tfrac{1}{2}$$

Ehe wir aber weiter gehn, wird es nicht
zeigen, dafs diese Gleichungen (III) auch
wir oben gesagt haben, die endlichen Int
henden Gleichungen (I) oder (II) sind.

Zu diesem Zwecke wird man nun d
in Beziehung auf die in ihnen enthaltene
und u wieder differentiiren. Man wird so

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{\mu}{a}},$$

$$\frac{\partial \nu}{\partial t} = \frac{\sqrt{\mu p}}{r^2},$$

$$\frac{\partial r}{\partial t} = e\left(\frac{\mu}{p}\right)^{\frac{1}{2}}.\mathrm{Sin.}$$

Substituirt man aber diese Werthe von $\frac{\partial \nu}{\partial t}$
drucke

$$\frac{\partial r^2 + r^2 \partial v^2}{\partial t^2},$$

$$\mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right),$$

en der Gleichungen (II), und substituirt man Werth von $\frac{\partial v}{\partial t}$ in $\frac{r^2 \partial u}{\partial t}$, so erhält man $\gamma\overline{\mu p}$, iten der Gleichungen (II).

rgehende über die Bewegung der Planeten im orausgeschickt, wollen wir nun sehn, welchen ese Bewegung ein in dem Weltraume verbrei- on sehr geringer Dichtigkeit haben würde. Wir ier den Widerstand eines solchen Mittels dem Geschwindigkeit und der Dichte ϱ des Mittels so dafs also dieser Widerstand durch

$$\varrho \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2}$$

d, wo ∂s das Element des Bogens der Plane- net. Dieser Widerstand hat nach der Richtung oder nach der Richtung der Tangente der Pla- Um ihn daher nach der Richtung der Axen y zu zerlegen, wird man ihn mit dem Cosinus ltipliciren, welchen die Tangente mit diesen det. Diese Cosinus sind aber $\frac{\partial x}{\partial s}$ für die Axe für die Axe der y, so dafs daher der Wider-

ste Axe

$$\varrho \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2} \cdot \frac{\partial x}{\partial s} = \varrho \frac{\partial s . \partial x}{\partial t^2}$$

ite

$$\varrho \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2} \cdot \frac{\partial y}{\partial s} = \varrho \frac{\partial s . \partial y}{\partial t^2}$$

mgemäfs hat man daher für die Gleichungen der Planeten, die den vorhergehenden Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}+\frac{\mu x}{r^3}+\varrho.\frac{\partial s\,\partial x}{\partial t^2}&=0\\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{\mu y}{r^3}+\varrho.\frac{\partial s\,\partial y}{\partial t^2}&=0\end{aligned}\right\}.$$

Verfährt man mit ihnen, wie man zuvor (I) verfahren ist, so erhält man folgende analoge Ausdrücke:

$$\frac{\partial.(\partial r^2+r^2\partial v^2)}{\partial t^2}-2\mu\partial.\frac{1}{r}+\frac{2\varrho(\partial r^2+r^2\partial v^2}{\partial t^2}$$

$$\partial.r^2\partial v+\varrho r^2\partial v.\partial s=0$$

Man sieht, dafs die Gleichungen (I′) v ebenso die Gleichungen (II′) von den (II multiplicirte Glied verschieden sind. Da tigkeit des Aethers, in welchem wir die ten angenommen haben, nur äufserst ge uns bekannte widerstehende Mittel, selbst kann, so wird also auch dieses Glied, schied zwischen den Gleichungen (I) un schen den Gleichungen (II) und (II′) con als sehr gering zu achten seyn.

Nun sind aber von den Differentialgl die endlichen Integrale in den Gleichunge wir werden daher mit Recht schliefsen, übrigens noch unbekannten endlichen Inte ferentialgleichungen (I′) und (II′) von de tegralgleichungen (III) ebenfalls nur um s Gröfse ϱ multiplicirte Gröfsen verschieden wie soll man unter dieser Voraussetzung Integralen der Gleichungen (I′) gelangen?

Die Gleichungen (III) sind, wie wir endlichen Integrale der Gleichungen (I) sie auch die vier constanten Gröfsen α, e welche durch die doppelte Integration der eingeführt werden. Diese Gleichungen (II ebenfalls schon bemerkt haben, für eine lich für denjenigen Kegelschnitt, welchen

im freien Raume bewegt, um die Sonne, die in dem ei-
Brennpuncte dieses Kegelschnitts ruht, beschreibt. Ist nun
Raum, in welchem sich der Planet bewegt, nicht mehr
ler, sondern mit Aether, mit einer Masse von sehr ge-
Dichtigkeit, erfüllt, so wird man doch annehmen können,
auch hier noch der Planet in jedem Augenblicke das Ele-
eines elliptischen Bogens beschreibt, dafs aber auch dieses
t am Ende eines jeden Augenblicks durch den Einflufs
thers gestört oder unendlich wenig verändert wird, so
nach der Planet, durch die Wirkung des widerste-
Mittels, zwar noch immer in einer Ellipse, aber in
den Augenblick veränderten Ellipse einhergeht, oder
ern Worten, die neue Bahn des Planeten wird auch
ar als eine Ellipse, aber als eine Ellipse mit veränder-
Elementen zu betrachten seyn, oder endlich, die endli-
eichungen (III), welche die Integrale von (I) für den
Raum sind, werden auch noch die Integrale von den
igen (I′) vorstellen können, wenn man nur in ihnen
constanten Gröfsen a, e, E und ω, welche die Ele-
der Planetenbahn vorstellen, jetzt als *veränderliche*
betrachtet.

an man sich vorstellt, dafs man die Ellipse (nämlich
nte Ellipse im leeren Raum) für jeden einzelnen Au-
nach den für diesen Augenblick statt habenden Wer-
a, e, E und ω construirt, so werden sich alle diese
, die unendlich nahe an einander liegen und deren jede
nächst vorhergehenden nur unendlich wenig verschie-
je zwei und zwei in ihren Peripherieen schneiden, und
e Durchschnittspuncte werden eine andere krumme Li-
n, welche alle jene speciellen Ellipsen *einhüllt*, so
e jener speciellen Ellipsen in ihrem Durchschnitts-
mit der nächstfolgenden jene sie alle einhüllende Curve
Da auf diese Weise für jeden dieser Puncte, die ei-
speciellen Ellipsen und der einhüllenden Curve ge-
rtlich zugehören, nicht nur die endlichen Werthe der
ligen Coordinaten x, y oder, was dasselbe ist, nicht
endlichen Werthe der Polarcoordinaten v und r, son-
gen der erwähnten Tangirung beider Curven auch ihre
Differentiale ∂v und ∂r dieselben seyn müssen, so wird
Gleichungen (II) und (III), so wie auch die Glei-

chungen (II′) als coexistirend betrachten kö
nur in den endlichen Gleichungen (III) d
Gröfsen a, e, E und ω nicht mehr als bestä
veränderliche Gröfsen behandelt.

Diesem gemäfs wird man also, ganz an
oben[1] gesagt worden ist, die Gleichungen (II
die Gleichungen (III) in Beziehung auf dies
differentiiren und die so erhaltenen Ausdrü
Gleichungen (II′), die mit jenen coexistiren
können. Auf diese Weise werden die zwei Gl
zwei Differentialgleichungen zwischen ∂a,
geben. Ganz ebenso werden aber auch di
(III), die wegen der zwischen ihnen zu eli
gröfse u eigentlich nur zwei Gleichungen
wieder zwei Differentialgleichungen zwischen
∂ω geben, und aus diesen vier Differenti
man, auf dem gewöhnlichen Wege der Eli
the dieser vier Differentiale ∂a, ∂e, ∂E u
dann, wenn man sie integrirt, die gesuchten
veränderlichen Elemente jener Ellipse geben
Gleichungen (I′) oder (II′) für die Bewegun
widerstehenden Mittel entspricht.

Wir wollen nun diese vier Differenti
und zuerst die endlichen Gleichungen (III) v
chen wir aber, der gröfseren Einfachheit
statt der letzten

$$\text{Tang.}\tfrac{1}{2}(v-\omega)=\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\,.\,\text{Tan}$$

die bekannte und auch oben schon angeführ
chung der Ellipse

$$r=\frac{a(1-e^2)}{1+e\,\text{Cos.}(v-\omega)}$$

substituiren wollen, so dafs man daher für d
die folgenden Ausdrücke haben wird:

$$\left.\begin{aligned} r&=a(1-e\,\text{Cos.}\,u)\\ nt+E-\omega&=u-e\,\text{Sin.}\,u\\ r+re\,\text{Cos.}(v-\omega)&=a(1-e^2)\end{aligned}\right\}\ .$$

1 S. Art. *Umhüllung* a. a. O.

)ifferentiation dieser Gleichungen vornehmen, be-
)ch, dafs man hat

$$\partial.nt = n\partial t + t\partial n,$$

ın man integrirt,

$$nt = \int n\partial t + \int t\partial n.$$

lie zweite der Gleichungen (III) über in

$$t + \int t\partial n + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u.$$

mittlere Länge des Planeten für die Epoche,
ie Zeit t zu zählen anfängt, bedeutet, so kann
$\int t\partial n$ als schon in dem Werthe dieser Epoche
ehmen, so dafs daher die letzte Gleichung in
ıt:

$$\partial t + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u.$$

dieser Gleichung in Beziehung auf jene vier
wenn man auch die Gröfse u als eine Function
nten betrachtet,

$$\omega + \partial e.\mathrm{Sin.}\,u - \partial u(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u) = 0$$

Weise giebt auch die erste der Gleichungen

$$\mathrm{Cos.}\,u) - a\partial e\,\mathrm{Cos.}\,u + ae\partial u\,\mathrm{Sin.}\,u = 0.$$

ıs diesen zwei Gleichungen die Gröfse ∂u, so

$$+ a\partial e(e - \mathrm{Cos.}\,u) + ae(\partial E - \partial\omega).\mathrm{Sin.}\,u = 0.$$

letzten Ausdrucke auch noch die Gröfse u selbst
ıat man die bekannten goniometrischen Glei-

$$\frac{-\mathrm{Tang.}^2\frac{1}{2}u}{+\mathrm{Tang.}^2\frac{1}{2}u};\quad \mathrm{Sin.}\,u = \frac{2\,\mathrm{Tang.}\frac{1}{2}u}{1+\mathrm{Tang.}^2\frac{1}{2}u}.$$

nach der letzten der drei vorigen Gleichun-
ıfse

$$\mathrm{Tang.}\tfrac{1}{2}u = \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}.\mathrm{Tang.}\tfrac{1}{2}(v-\omega),$$

$$\frac{.(v-\omega)}{\mathrm{s.}(v-\omega)} \text{ und } \mathrm{Sin.}\,u = \frac{\sqrt{1-e^2}.\mathrm{Sin.}(v-\omega)}{1+e\,\mathrm{Cos.}(v-\omega)},$$

ht die vorhergehende Differentialgleichung in
:

$$\partial a.\frac{(1-e^2)}{1+e\,\mathrm{Cos.}(v-\omega)}-a\partial e\,\mathrm{Cos.}(v-\omega)+\frac{ae}{1}$$

Dieses ist die erste der gesuchten Differe
zweite aber erhält man sofort aus der le
(III) oder aus

$$r+re\,\mathrm{Cos.}v\,\mathrm{Cos.}\omega+re\,\mathrm{Sin.}v\,\mathrm{Sin.}\omega$$

deren Differential nämlich ist

$$r\,\mathrm{Cos.}v.\partial(e\,\mathrm{Cos.}\omega)+r\,\mathrm{Sin.}v.\partial(e\,\mathrm{Sin.}\omega)=$$

Nachdem wir so die Differentiale der
halten haben, sind nur noch die der Gle
Differentiale von

$$\frac{\partial r^2+r^2\partial v^2}{\partial t^2}-\frac{2\mu}{r}+\frac{\mu}{a}=0$$

$$r^2\partial v=\gamma\mu a(1-e^2).\partial t$$

zu bestimmen übrig.

Die erste derselben giebt

$$\partial.\left(\frac{\partial r^2+r^2\partial v^2}{\partial t^2}\right)-2\mu.\partial\frac{1}{r}+$$

Aber die erste der Gleichungen (II′) war

$$\partial.\left(\frac{\partial r^2+r^2\partial v^2}{\partial t^2}\right)-2\mu\partial.\frac{1}{r}=-2\varrho($$

also ist auch

$$\mu\partial.\frac{1}{a}=2\varrho(\partial r^2+r^2\partial v^2$$

und wenn man hierin den obigen Werth

$$\frac{\partial r^2+r^2\partial v^2}{\partial t^2}=\frac{2\mu}{r}-\frac{\mu}{a}$$

aus den Gleichungen (II) substituirt,

$$\partial.\frac{1}{a}=2\varrho\left(\frac{2}{r}-\frac{1}{a}\right).\partial s\ .$$

Ebenso giebt endlich die letzte der Gleich

$$\partial.r^2\partial v=\gamma\mu.\partial.\sqrt{a(1-$$

Da aber die zweite der Gleichungen (II′)

$$\partial . r^2 \partial v = - \varrho r^2 \partial v . \partial s$$

man

$$\mu . \partial . \sqrt{a(1-e^2)}\, \partial t = - \varrho r^2 \partial v \partial s,$$

wenn man darin den vorigen Werth von

$$r^2 \partial v = \sqrt{\mu} . \sqrt{a(1-e^2)} . \partial t$$

$$\sqrt{-e^2}) = - \varrho \partial s . \sqrt{a(1-e^2)} \quad \ldots \quad (4)$$

ungen (1) bis (4) sind die gesuchten Differen-
wischen den Variationen ∂a, ∂e, ∂E und $\partial \omega$
chen Elemente.

man in ihnen statt r den bereits öfter ange-
k

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1 + e \operatorname{Cos.}(v-\omega)},$$

sen Functionen des Winkels v auszudrücken,
n diese vier Gleichungen durch Elimination auf
eine einzige der vier Gröfsen ∂a, ∂e, ∂E und
o bekommt man folgende Endgleichungen:

$$\left.\begin{array}{l} (1 + 2 e \operatorname{Cos.}(v-\omega) + e^2)\, \partial s \\ + \operatorname{Cos.}(v-\omega))\, \partial s \\ (v-\omega) . \partial s \\ \text{n.}(v-\omega) . (\sqrt{1-e^2} - e^2 - e \operatorname{Cos.}(v-\omega)) \\ \hline + e \operatorname{Cos.}(v-\omega)) . (1 + \sqrt{1-e^2}) \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (Q)$$

$\partial s = \sqrt{r^2 \partial v^2 + \partial r^2}$ wird, wie aus der Glei-

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1 + e \operatorname{Cos.}(v-\omega)}$$

ion folgt,

$$\frac{(1-e^2) . \sqrt{1 + 2 e \operatorname{Cos.}(v-\omega) + e^2}}{(1 + e \operatorname{Cos.} v - \omega))^2},$$

h von ∂s wird man daher in den Gleichun-
ren, um sie zu blofsen Functionen des Win-
n.

Ist aber, wie es bei den älteren Planete
Excentricität e nur klein, so dafs man die
heren Potenzen derselben vernachlässigen k
vorhergehenden Gleichungen (Q) in folgend

$$\left.\begin{aligned} \partial a &= -2\varrho a^2 \partial v \\ \partial e &= -2\varrho a \,\mathrm{Cos.}(v-\omega).\partial v \\ e.\partial\omega &= -2\varrho a \,\mathrm{Sin.}(v-\omega).\partial v \\ \partial.E &= +2\varrho a e \,\mathrm{Sin.}(v-\omega).\partial v \end{aligned}\right\}$$

Sieht man, wie es wohl bei diesen Untersu
die Dichtigkeit ϱ des Aethers für alle Ort
systems als constant an, so sind die Gle
leicht zu integriren. Bezeichnet man nämli
$\Delta\omega$ und ΔE die gesuchten veränderlichen
ω und E, so findet man durch diese Integ

$$\begin{aligned} \Delta a &= -2\varrho a^2.v \\ \Delta e &= -2\varrho a \,\mathrm{Sin.}(v-\omega) \\ e.\Delta\omega &= -2\varrho a \,\mathrm{Cos.}(v-\omega) \\ \Delta E &= -2\varrho a e \,\mathrm{Cos.}(v-\omega) \end{aligned}$$

Diese Gleichungen (S) zeigen, dafs durch
nes sehr feinen Aethers die grofse Axe 2
ohne Ende abnehmen mufs, und dafs im
drei andern Elemente e, E und ω nur pe
entstehn, die mit jeder Revolution des Pla
wiederkehren.

Da überdiefs die Gröfse

$$n = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}$$

ist, so hat man auch

$$\Delta n = -\tfrac{3}{2}\Delta a \sqrt{\frac{\mu}{a^5}}$$

oder, was dasselbe ist,

$$\Delta n = +3\varrho a n.v.$$

Es war aber n die mittlere tägliche Bew
oder die *Winkelgeschwindigkeit* desselbe
den Widerstand des Mittels ebenfalls ob

auch von der wahren mittleren Geschwindigkeit
oder in der Richtung der Tangente dieser Bahn.
indigkeit ist nämlich gleich an, also auch die
derselben $a\Delta n + n\Delta a$. Substituirt man aber in
cke für Δa und Δn die oben gefundenen Wer-
t man für diese Tangentialgeschwindigkeit den

$$\varrho a^2 n.\nu.$$

fahr für die Erhaltung des Planetensystems würde
on dem Widerstande des Aethers kommende Ver-
$= -2\varrho a^2.\nu$ der grofsen Axe der Planeten-
Nach ihr würde diese Verminderung für $\nu = 2\pi$
Umlaufszeit des Planeten gleich $4\pi\varrho a^2$ seyn, und
n müfste seyn, dafs der Planet endlich in die
würde. Wenn übrigens in unserm Planetensy-
s widerstehendes Mittel in der That gefunden
so müfste sich dasselbe vorzüglich bei der Be-
ometen offenbaren, weil ihre Masse sehr klein
en gewöhnlich so grofs ist.

L.

iderstand der Mittel.

licher und experimenteller Theil.

ausgehenden Abhandlung hat der für die ge-
l seine zahlreichen Freunde zu früh verstorbene
ne treffliche mathematische Theorie des Wider-
. Nach der im Ganzen bei der Bearbeitung der
Probleme in unserm Werke befolgten Methode
ich eine, so weit als nöthig ist, vollständige
rüheren Leistungen gegeben, damit die Physiker,
l einen Gegenstand durch neue Untersuchungen
n veranlafst werden, auf der bereits vorhande-
fortbauen können. Es scheint mir daher nicht
n, sondern eigentlicher nothwendig, eine Ue-
nerigen wichtigsten Leistungen in diesem Ge-
gen. Hieraus wird hervorgehn, was für eine
er gewiegtesten Mathematiker und Physiker sich

mit diesem Probleme beschäftigt haben, so d
langt wäre, wollte man beabsichtigen, alle
machen, was auch überflüssig seyn würde,
kann, dafs das Problem durch die einande
suchungen schrittweise weiter gefördert und
men gelöst worden sey, vielmehr harrt es
endlichen Lösung, wenn diese anders überh

Man hat die Aufgabe, den Widerstand
finden, auf zwei verschiedenen Wegen zu
entweder indem man die Kraft zu ermitteln
fordert wird, um einen festen Körper in
sigkeit zu bewegen, oder indem man denj
welchen die bewegte Flüssigkeit gegen eine
ausübt, weil man beides für gleich hielt, w
der Fall ist. Die Untersuchung des letzteren
der Körper, und hierüber ist das Nöthige b
bracht worden, aufser dem, was sich auf die exp
ten bezieht und in den Art. *Wind* und *Win*
netere Stelle findet. Hier wird demnach
von dem Widerstande die Rede seyn, we
oder mindestens als ruhend angenommenen
in ihnen bewegten festen Körpern entge
verschiedene der zu erwähnenden Abhandl
nigen. Endlich liefsen sich auch die Unter
Widerstand, welchen die Luft den in ih
entgegensetzt, von denjenigen trennen, w
stand des Wassers (denn diese beiden Flüs
zunächst im Auge) ermittelt werden sollte,
häufig mit einander verbunden sind, so ers
nung minder zweckmäfsig.

1) Die ganze Aufgabe kam zuerst in A
LILEI die Gesetze des Falles aufgefunden
ballistische Problem[2] hierauf gegründet
frühesten Versuche zur Auffindung der Ges
des sind diejenigen zu zählen, welche vo
Cimento[3] mit Kugeln aus einer Muskete g

1 S. Art. *Stofs*. Bd. VIII. S. 1099.

2 S. Art. *Ballistik*. Bd. I. S. 698.

3 MUSSCHENBROEK Tentamina experimentor
p. 117.

bei sich ergab, dafs die aus gröfseren Höhen ge-
it geringerer Kraft aufschlugen, als die unmittel-
Laufe fahrenden. An diese schliefsen sich zunächst
IOLI[1], welche dieser in Verbindung mit andern
n Jahre 1640 bis 1650 anstellte, indem er leich-
vere, hohle und massive Kugeln von etwa 280
he herabfallen, andere aber im Wasser niedersin-
teigen liefs und die ungleiche, hierzu erforderli-
. Unter die bedeutendsten Bemühungen gehören
elche DECHALES[2] auf dieses Problem verwandte,
aus Versuchen erhaltenen Gröfsen unter ein all-
tz zu bringen suchte, was jedoch nicht so ein-
en war, als das so eben von GALILEI für den
r Körper gefundene. Am bekanntesten und in
Zeit fast allein beachtet ist das durch NEWTON[3]
setz, wonach allgemein der Widerstand der ein-
keiten dem Quadrate der Geschwindigkeiten pro-
nommen wird. Gleichzeitig und bald nachher
ich verschiedene Gelehrte mit diesem Probleme
en theoretisch wohl begründeten Satz auf, dafs
l einer Flüssigkeit gegen eine in normaler Rich-
elbe bewegte Fläche dem Gewichte einer Säule
eit von der Basis der gegebenen Fläche und ei-
voraus herabfallend sie die Geschwindigkeit der
he erhalten würde, gleich zu setzen sey. Unter
e sich mit diesen Untersuchungen beschäftigten,
zugsweise LEIBNITZ[4], HUYGHENS[5], WALLIS[6]
s[7] genannt zu werden. Letzterer setzt zuerst
voraus, wonach der Widerstand der Geschwin-
tional gesetzt wird, und sucht die Curve auf,
örper hiernach beschreiben müfste, zugleich prüft

um novum cet. 2 Voll. fol. Bologna 1651.
nathematicus Lyon. 3 T. fol. T. I. p. 276.
lat. princ. math. L. II. sect. 1, 2 u. 3.
id. Lips. 1689. p. 39.
gravitatis. p. 168.
a, sive de Motu. In Opp. math. T. II. C. 101. p. 438.
7. N. 185.
l'Acad. 1707. p. 382. 1708. p. 113. 212. 251. 302. 419.
10. p. 63. 193, 243. 491.

er aber auch die Hypothese, wonach der
drate der Geschwindigkeit proportional s
diese angemessener. Die Untersuchung
neue wieder durch den Umstand angereg
die man zur Prüfung der Theorie anstell
ständig bestätigten, was sehr leicht begre
die theoretisch vorausgesetzten Bedingun
Wirklichkeit statt findenden vergleicht.
sächlich auf dem Umstande, dafs die el
durch den erlittenen Widerstand zusam
alle Flüssigkeiten aber vor dem bewegten
die seitwärts befindlichen den hinten ent
der ausfüllen müssen.

2) Schon Newton liefs im Jahre
Hawksbee in der Paulskirche zu Lon
Resultate mit den durch Rechnung gefun
einstimmten[1]. Dabei fielen verschiedene
einer Höhe von 220 engl. Fufs; die Zeit
den gemessen und mit denen verglichen,
messer, ihrem Gewichte und der Dichte
man 860mal dünner als das Wasser an
auf den vorhandenen Widerstand hierzu
solche Weise gefundenen Gröfsen giebt f

Gewichte	Durch-messer	Fallzeiten
510 Gran	5,1 Zoll	8 Sec. 12 Tert
642 —	5,2 —	7 — 42 —
599 —	5,1 —	7 — 42 —
515 —	5,0 —	7 — 57 —
483 —	5,0 —	8 — 12 —
641 —	5,2 —	7 — 42 —

Da die Fallhöhe 220 Fufs betrug, so we
hiervon im Maximum nur 10 F. 7 Z., i
5 Z. ab. Weit minder günstige Resulta
Versuche mit Pendeln aus Kugeln von

1 Phil. Nat. Princ. L. II. Prop. XL. Schol
perimenta physico-mechanica. Vergl. Musschenb
2 Principia Lib. II. Prop. XXXI. Schol. g

Gewichte, indem vorzugsweise bei sehr kleinen
der Satz, dafs der Widerstand dem Quadrate
gkeit proportional sey, mit der Erfahrung nicht
Es schien aus dieser vielmehr hervorzugehn,
tand durch zwei Ursachen erzeugt werde, von
ine dem Quadrate der Geschwindigkeit propor-
andere aber, vorzüglich bei langsamen Bewe-
em hiervon abweichenden Verhältnisse sehr be-
und er sah sich endlich genöthigt, die Unter-
weiten Theils des Widerstandes gänzlich auf-

e 1719 stellte DESAGULIERS[1] zum Theil in
LLEY, JURIN, FOLKES und GRAHAM eine Reihe
, wobei er leichte hohle Kugeln aus Schweins-
Fufs Höhe herabfallen liefs. Die Resultate wa-

	Durch-messer	Fallzeiten		berechnete Höhen		
n	5,28 Zoll	19	Sec.	271 Fufs	11	Zoll
	5,19 —	17	—	272 —	10,5	—
	5,30 —	18,5	—	272 —	7	—
	5,26 —	22	—	277 —	4	—
	5,00 —	21,125	—	282 —	0	—

er Abweichung beträgt hierbei nur 1 Zoll, das
en 10 Fufs; in beiden Versuchsreihen, in die-
früheren, fällt das Resultat der Erfahrung im
s der Berechnung. Aehnliche Versuche, wel-
s über den Widerstand des Wassers anstellte,
iedigende Resultate. Uebrigens fand er zu-
hte Bleikugeln von 2 Zoll Durchmesser in 4,5
fs und gläserne hohle Kugeln von 5,5 Zoll
6 Sec. um 288 Fufs weniger tief fielen, als
ume gefallen seyn würden, woraus der grofse
Luft evident hervorging.

e ältesten Bemühungen, das Problem vom Wi-
Mittel theils durch theoretische Betrachtungen,

theils durch die Erfahrung zu lösen, ge
MARIOTTE[1] in Gegenwart LA HIRE's[2]
nahmen theoretisch den oben bereits ausg
dafs der Widerstand einer Flüssigkeit de
wenn sie mit gleicher Geschwindigkeit be
sey; zu den Versuchen wandte ersterer K
verschiedenen Höhen in der Spindel de
Pariser Sternwarte herabfallen liefs und w
mittelst der Schwingungen eines Pendels
Schalle eine Geschwindigkeit von 1080
legte. Die Fallhöhe von oben bis zum Br
geln fielen, betrug 166,5 Fufs, und wenn
nau mit seiner Hypothese übereinstimmten
hiervon zunächst wohl an der Unvollkomm
selbst. In Folge des wachsenden Widersta
Kugeln eine constante Geschwindigkeit i
die sich bei denen von ungleichen Masse
wurzeln ihrer specifischen Gewichte, bei un
Quadratwurzeln ihrer Durchmesser verhalten
hat nach diesen Gesetzen ausführliche Ta
HIRE hielt es für unzweifelhaft, dafs der W
halte wie das Quadrat der Geschwindigke
selben könne aber nur durch Versuche ermi
wegen er, nicht befriedigt durch die eben
nen die ungleiche Dichtigkeit der Luft u
blieben war, eigene mit verschiedenen App
Resultat will er gefunden haben, dafs ein
Luft fallende Bleikugel in der ersten Secu
mithin nur durch einen Raum von 14 F
allgemein die durch den Widerstand der L
gerung der Geschwindigkeit eines frei fal
Fufs betrage, wenn t die Zeit in Secunde
NEWTON's Pendelversuchen und aus den
GÜNTHER zu Petersburg aus den Zeitinterv
Höhe geschossener eiserner Kugeln bis zu
erhielt, folgerte DAN. BERNOULLI[3], dafs de

1 Traité de la Percussion ou du Choc des co
Oeuvres. Leide 1717. T. I. p. 99 ff.

2 Mém. de l'Acad. 1714. p. 333.

3 Comm. Acad. Petrop. T. II. p. 330. T. I

Werthe, einen beständigen und einen andern, dem Quader Geschwindigkeit proportionalen, ausgedrückt werden , ein Resultat, zu welchem auch s'Gravesande[1] durch rse Reihe von Versuchen gelangte. Auch d'Arcy's[2] he, wodurch er neben anderen Aufgaben zugleich den tand der Luft auszumitteln sich bemühte, verdienen erm werden. Er bediente sich bei denselben eines nach construirten, etwas von ihm verbesserten, ballistischen , alwelches auch Robins angewandt hatte, schofs dasselbe aus gemessenen Abständen Flintenkugeln, die auf das eiserne Pendel geschraubten Stahlplatte zuten, und berechnete dann aus der Gröfse des Bogens, chen das Pendel zurückgewichen war, die Geschwinder Kugeln bei ihrem Aufschlagen, wobei aus dem hiede dieser und ihrer Anfangsgeschwindigkeit die Verg durch die Luft oder die Gröfse des Widerstandes ing. Diese Bemühungen um die Lösung eines ebenso en, als schwierigen Problems, obgleich sie weniger beind, verdienen denen von Robins und Hutton an gesetzt zu werden, und gewähren noch gröfsere Be, wenn man sie mit den Anmerkungen verbindet, welbert[3] über sie bekannt gemacht hat. D'Alembert[4] hte nicht, das Problem, welchen Widerstand die im bewegten Körper erleiden, zu seiner eigenen Zufrieaufzulösen, und L. Euler[5], welcher den Widerstand

---

hysices elementa mathem. T. I. §. 1908 ff.

Essay d'une théorie d'Artillerie. Dresd. 1766. 8.

Anmerkungen über die Gewalt des Schiefspulvers und den Wider Luft. Dresden 1766. 8. In dem gegenwärtigen Jahrhun- die im vorigen verhältnifsmäfsig sehr häufigen Versuche mit oder gegen das ballistische Pendel geschossenen Kugeln zur ung des Widerstandsgesetzes der Luft nicht weiter angestellt vermuthlich weil die Schwierigkeiten zu grofs sind, als dafs durch zu einem genügenden Resultate zu gelangen hoffen dürfte. möglich, gröbere Geschützkugeln in lothrechter Richtung emliefsen, zugleich aber die erreichte Höhe und die Zeit ihres ens genau zu messen, so würde dieses Mittel sehr geeignet n Gesetz des Widerstandes der Luft aufzufinden. Vergl. Dis. math. de lege resist. aëris in proiectilia. Auct. Tengström. 1922.

Hist. de l'Acad. de Paris. 1753. p. 289.

Comm. Petrop. T. IV. p. 67. Nov. Comm. T. IV. p. 131. T. VI.

der Mittel wiederholt untersuchte und sich
den des Wassers gegen die bewegten Sc
zu dem Resultate, dafs man die Aufgab
Formeln zurückbringen könne, ohne da
die erforderlichen Mittel besitze, die ge
aufzulösen.

5) Verschiedene Abhandlungen über
nur im Vorbeigehn erwähnt werden, um
etwas mehr zu berücksichtigen. Dahin g
LIS[1] über den Widerstand der Luft, v
Schwingungen eines Pendels im leeren R
lerdings gehaltreichen von VARIGNON[3],
SULZER[5], LAMBERT[6] und einigen Ande
zösischen Gelehrten, welche sich vorzug
lung dieses Problems verdient machten,
BORDA[7], sind eben bereits genannt,
beschrieben worden, deren sich der erste
bediente und bei welcher die von ihm sc
sion zum Grunde lag. Derjenige Appara
anwandte, gleicht sehr den von den E
Er besteht im Wesentlichen aus einem
Fig. 193. Weifsblech AB, auf einer Unterlage CD
bei E rechtwinklig umgebogene Stange
Unterstützung α versehn war, um die ei
hungsmaschine aufzunehmen, deren ande
β einen Anhaltpunct hatte. Die Rolle d

---

p. 338. T. VIII. p. 197. T. X. p. 156. T.
l'Acad. de Berlin 1753. p. 34. Auch in dessen
trop. 1749. 2 Voll. 4. Im Allgemeinen hat der
derstande der Mittel schon in seiner Mechanik
scientia analytice exposita. 2 Voll. 4. Petrop
367 abgehandelt. Einen Auszug hieraus finde
NER's Anfangsgründe der höheren Mechanik.
1. Abth. S. 115.

1 Philos. Trans. 1686. T. XVI. p. 269.
2 Ebendaselbst 1704. T. XXIV.
3 Histoire de l'Acad. 1707. p. 193. 382.
302 u. 319. 1710 u. 1711. p. 87 u. 248.
4 Ebend. 1730. p. 233. Hist. p. 94.
5 Mém. de l'Acad. de Berlin 1755. p. 10
6 Ebendaselbst. 1765. p. 102.
7 Mém. de l'Acad. 1763, 1767 u. 1770.

mr und dem Gewichte P, welches die Umdre-
hine bewirkte, sind für sich klar. An einem
Arme war der Körper a befestigt, welcher durch
g der Maschine gegen das im Gefäfse AB be-
de Wasser bewegt werden sollte. Dieser bestand
einer ganzen Kugel von 59 Lin. Durchmesser,
nen Hälfte derselben, im welchem letzteren Falle
umme oder die gerade Durchschnittsfläche nor-
hn gerichtet war. Das Gewicht P setzte die
ewegung, und nachdem diese gleichförmig ge-
ählte DE BORDA an einem halben Secundenpen-
r Schwingungen, welche bei verschiedenen Ge-
i Umdrehungen durch einen ganzen Kreis er-
Die auf diese Weise erhaltenen Gröfsen cor-
Abziehen desjenigen Gewichtes, welches den
allein in gleich schnelle Bewegung zu setzen
erhielt dann folgende verbesserte Werthe:

	Pendelschwingungen		
te	Ebene Fläche	Runde Fläche	Ganze Kugel
	380,00	235,00	236,00
	266,50	168,25	168,25
	186,50	117,25	117,75
	132,14	83,00	83,17
	92,17	58,83	59,00
	65,83	41,50	41,62

andern oft wiederholten Versuchen folgerte er:
Widerstand des Wassers allgemein für alle
der Grenzen der beobachteten Geschwindigkei-
n den letzteren proportional sey;
Widerstand gegen die Halbkugel und gegen die
ch sey und demnach kein Einfluſs der hinteren
e.

wähnte bekannte Gesetz, wonach der Wider-
rs gegen eine Kugel gleich seyn soll dem Ge-
assersäule von der Basis des gröfsten Kreises
der halben Höhe, welche der Geschwindigkeit
ugel als Fallgeschwindigkeit zugehört, wurde
ltenen Resultate angewandt, und eine ausführ-

liche Berechnung ergab, dafs die Versuch
Verhältnifs von 1240:1127 übereinstimm
dieses Gesetz bestätigt schien. Die W
Kreisfläche und die ihr zugehörige Kugel
der Quadrate der Pendelschwingungen,
allen gefundenen Zahlen geht im Mittel das
oder nahe 5:2 hervor, und eben dieses
für die Luft[1]. Zugleich stellte sich ein u
würdiger Umstand heraus, indem sich
die Kugel gröfser zeigte, wenn sie sich
fläche des Wassers bewegte, als in der

6) Eine ähnliche Maschine, als die
auch Vince[2] zu seinen Versuchen angew
sich dadurch, dafs statt der Kugel vie
rechtwinklig durchkreuzenden Armen in
Flächen normal oder unter einem beliebi
Bahn geneigt, bewegt wurden. Nach de
Fig. derselben genügenden Zeichnung bestand
194. soliden Bodenstücke AB, welches auf e
oder einer sonstigen möglichst unbewegli
schraubt wurde. Auf diesem war ein R
richtet, um die stählerne Spindel festzuhal
teren feinen Spitze a auf einer ausgehöh
bei γ durch einen messingnen Ring, d
wegen, gesteckt war, und an ihrem ober
trug, auf welcher die sich rechtwinklig
mit den Flügeln α, α, α, α befestigt wa
war in entgegengesetzten Windungen ein
gewunden, welche, über die Rollen δ, δ
Ende durch ein Gewicht P, P herabge
Vorrichtung des Ziehens nach entgegenge
lerdings sehr sinnreich ausgedacht, und
einen Vorzug vor der vorher beschriebe
nachfolgenden, bei denen durch den ei
nehmendem Widerstande und vermehrtem
die Reibung gröfser werden mufste. So

1 Mém. de l'Acad. 1763.
2 Philos. Trans. 1795. T. LXXXV. p. 24.
1. G. II. 401. IV. 34.

Wasser dienen, so wurde die Spindel über b
ert, und daselbst oben die Schnur umgewunden,
ntere Theil mit den Flügeln in einem Behälter
nd. Die Maschine konnte übrigens sowohl mit
2 Flügeln versehn seyn, und wenn dieselben
sondern in einem gewissen Winkel gegen die
ne ihrer Bahn gerichtet waren, so gebrauchte
icht, die einander gegenüber stehenden Flügel
zu drehn, damit nicht in Folge einer hieraus
lebung oder Herabdrückung die Friction der
dert oder vermehrt würde.

rsuchen mit dieser Maschine die Geschwindig-
ng gemessen werden, so mufs man nothwendig
des Widerstandes kennen, um dessen Ab-
mdrehungsaxe oder den Halbmesser des hier-
nen Kreises zu wissen. Heifst dieser Halb-
ächeninhalt der Scheibe A, so ist ein Element
und wenn der Widerstand dem Quadrate der
proportional ist, wie man immerhin für diesen
ert richtig annehmen kann, so ist für einen
tand $= x$ dieses Elementes von der Umdre-
iderstand $= x^2 . \partial A$ und endlich mit Rück-
etz des Hebels $x^3 . \partial A$. Der Widerstand ge-
iche wird also $= \int x^3 . \partial A$ seyn, und da man
Gründen $= a^3 . A$ setzen kann, so ist

$$\partial a = a^3 A, \quad \text{also } a = \sqrt[3]{\frac{\int x^3 . \partial A}{A}}.$$

Flügels ein Rechteck, und heifst der Ab-
en Seite von der Umdrehungsaxe m, der ent-
löhe h, so ist $A = h(n - m)$ und $\partial A = h . \partial x$,

$$= \frac{h . \int x^2 . \partial x}{h(n-m)} = \frac{x^4}{4(n-m)} + \text{Const.}$$

teck selbst und auch der Widerstand ver-
$x = m$ wird, so ist

$$\frac{}{m)} + \text{Const., also Const.} = \frac{-m^4}{4(n-m)},$$

Exponenten des Sinus des Neigungswinkels
diese Gröfsen gefunden wurden, ergiebt sich
=90° ist Sin. $\varphi^m = 1$ und $W' = 0{,}2321$, mithin
$= 0{,}2311 : W'$, und demnach

$$g.m = \frac{\text{Log. } W' - \text{Log. } 0{,}2321}{\text{Log. Sin. } \varphi}.$$

gefundenen Werthen ergiebt sich, dafs der Wi-
gleichbleibenden Potenz des Sinus oder des Co-
gswinkels gleich ist.

Widerstand in Unzen.

Win-kel	Ver-such	Theo-rie	Werth von m
10°	0,0112	0,0012	1,73
20	0,0364	0,0093	1,73
30	0,0769	0,0290	1,54
40	0,1174	0,0616	1,54
50	0,1552	0,1043	1,51
60	0,1902	0,1476	1,38
70	0,2125	0,1926	1,42
80	0,2237	0,2217	1,41
90	0,2321	0,2321	

ch soll ferner der Widerstand dem Gewichte
le von der gegebenen Basis und derjenigen
yn, welche als Fallhöhe die vorhandene Ge-
iebt. Im vorliegenden Falle beträgt die Höhe
Geschwindigkeit 0,08124 Zoll und das Gewicht
e der Flügel von 3,73 Quadratzoll 0,1598 Un-
Versuche 0,2321 Unzen Widerstand geben, so
durch Erfahrung gefundene Widerstand zu dem
hneten wie 0,2321 : 0,1598 = 1,4524...: 1 oder

lgende Versuchsreihe wurde mit zwei an den
en Halbkugeln angestellt, deren ebene Flächen
ihr Durchmesser betrug 1,1 Zoll, der Abstand
te des Widerstandes von der Drehungsaxe 6,22
Geschwindigkeit 0,542 Fufs. Der Theorie nach
Widerstand 0,05496 Unzen betragen, die Versu-
0,08339 Unzen, und beider Verhältnifs war also

0,08339:0,05496 = 1,5172...:1 oder
Als darauf die Halbkugeln so gestellt w
vexen Flächen vorangingen, betrug der
Unzen; beider Verhältnifs ist daher 0,0833
und das Verhältnifs des durch Erfahrun
für die Durchschnittsfläche der Halbkuge
ten = 0,034:0,05496 = 0,6186:1.
Cylinder von gleichen Grundflächen un
als die Halbkugeln auf die Arme gesteck
ergab sich = 0,07998 Unzen. Der
Halbkugel, mit ihrer ebenen Fläche vora
dem gegen einen Cylinder, beider Wi
genommen, wie 0,08339 : 0,07998 =
Versuche gefundene Widerstand aber
theoretisch berechneten wie 0,07998 :
Dafs die Halbkugel, ihre ebene Fläche
Widerstand erleidet, als ein Cylinder vo
nach Vince nur in dem Rückstofse de
hintere Cylinderfläche ihren Grund haben
che mit dieser Maschine ergaben, daf
Gröfse der Oberfläche und den Quadrate
ten proportional sey[1]. Werden diese
der verschiedenen erhaltenen Resultate
so war der Flächeninhalt der vier Flüg
und ihre Geschwindigkeit 0,66 Fufs,
= 0,2321 Unzen; die Flächen der b
trugen 1,9 Quadratzoll und ihre Gesch
Wir erhalten also die Proportion:

$$3{,}73 . 0{,}66^2 : 1{,}9 . 0{,}542^2 = 0{,}23$$

Statt der letzteren Zahl ergaben die Ve
nem so geringen Unterschiede, dafs di
lergrenze liegt.

9) Den Widerstand gegen Kugeln
mittelbar durch Versuche bestimmt, er

1 Aus zahllosen andern, später zu er
hervor, dafs beide Sätze nur für geringe Ge
sehr verschiedene Flächen genau richtig sind.
von Vince's Versuchen mit diesen Bestimmun
er nur mit geringen Geschwindigkeiten und
mentirte.

Aus den für Cylinder und Halbkugeln gefun-
venn beiden ebene Flächen vorangehn, und aus
gegen die Halbkugel mit vorangehender con-
t sich der Widerstand gegen die Kugel fin-
ältnifs ist = 0,07998:0,0833, und da der
die Halbkugel = 0,034 ist, so giebt dieses
=0,034: Widerstand gegen die Kugel, wel-
0,0354 wäre. Der Widerstand gegen die
also zum Widerstande gegen den Cylinder,
8 oder 1:2,23. Nach der Theorie soll er
wie 1,115:2,23 verhalten, und wäre hier-
ltnifs von 1,115:1 zu grofs. Es ist aber
en, dafs der Widerstand nach der Theorie
Erfahrung im Verhältnifs von 0,1598:0,2321
daher mufs er sich auch bei der Kugel zu
e wie 1,115 × 0,1598:0,2321 oder wie
) beinahe wie 3:4 verhalten.

ise hat sich Robins[1] viele Mühe gegeben,
r Luft, namentlich gegen Geschützkugeln,
e, theils durch Versuche zu bestimmen. Zu
e er anfangs das von ihm construirte *bal-*
an und gelangte hiermit zu folgenden Re-

tand der Luft gegen Körper, die in ihr be-
innerhalb gewisser Grenzen dem Quadrate
nahe proportional, ohne dafs man ihn je-
diesem genau proportional setzen kann.

tand der Luft gegen eine 12pfündige eiserne
sich mit 25 Fufs Geschwindigkeit in einer

of Gunnery. Lond. 1742. Uebers. Neue Grund-
s. w. mit vielen Anmerk. von L. Euler. Berlin
ung wieder ins Engl. übersetzt von Hugh Brown
Einzelne Abhandlungen von ihm in Philos. Trans.
Mathematical Works, published by Dr. James
8. Vergl. Hutton's Philos. and Math. Dictionary.
p. 316. Art. *Resistance*. Encyclopaedia metropo-
T. I. p. 350. Art. *Pneumatics*. Von P. Barlow.
I. p. 252.
istik. B. I. S. 714. Fig. 120.

Secunde bewegt, ist nicht geringer als (
Gewicht.

11) Um aber diese Gesetze fes
struirte er einen Apparat, den er *W*
Fig. *machine*) nannte. Diese bestand au
195. leichten hohlen Kegel versehenen messin
welcher sich zwischen Frictionsrollen s
Reibung als verschwindend zu betrach
teren Theile der Kegels läuft der dün
Vermeidung des Widerstandes zugesch
cher an seinem Ende den zu bewegen
zum Verhindern des Umbeugens durch
draht a b gesteift ist. Um den Messi
seidene Schnur gewunden, welche übe
festigte Rolle L geführt an ihrem End
Dieses setzt bei seinem Herabfallen di
gen die Luft bewegten Körper in Bew
abfallen mit beschleunigter Geschwindi
auch die Geschwindigkeit des umgese
somit der Widerstand des Mittels gege
der Beschleunigung gleich und die G
stant wird, woraus sich dann die
finden läfst. Bei den Versuchen wu
gebenen Gewichte die Maschine zu e
wegung gebracht, was meistens nac
hungen erfolgte, und aus der Zahl
erfolgenden Menge von Umdrehungen
dauer einer Umdrehung finden. Alsd
und das Gewicht M weggenommen
leichteres angehangen, durch welches
wegung erfolgte. Letzteres Gewicht
diejenige Gröfse an, welche erfordert
Luft gegen den Körper P bei gegeb
bestimmen. Um eine weitere Correcti
die Stelle des Körpers P ein Stück
Gewichte befestigt. Die Dimensionen
andern gebrauchten Maschine waren
Mafse:

Durchmesser des messingnen Cylind

es L von der Axe des Kegels bis
ie der Kugel P . . . . . 49,5 Zoll
el P, einer 12pfündigen Kanonen-
nd, von Pappe mit geglättetem Pa-
t, hielt im Durchmesser . . . . . 4,5 —
Radius des beschriebenen Kreises 51,75 —
ng eines Gewichtes M von 0,5 Pfund wurde
eit constant, und es erfolgten dann die ersten
in 27,75 Sec.; die folgenden 10 in 27,5 und
27,5 Secunden, wonach die Bewegung für
n konnte. Die Zeitmessung geschah mittelst
halten eingerichteter Uhren (*stop watches*),
Angaben selten um 0,5 Sec. differirten. Als das
℔. betrug, erfolgten nach der Vollendung der
angen die nächsten 20 Umdrehungen in 21,5
z gleiches Resultat gab eine zweite Versuchs-
rde die Kugel P durch ein Stück Blei von
ersetzt, und als das angehangene Gewicht
g, erfolgten abermals die letzten 20 Umdre-
nicht gezählten in 19 Secunden. Es mufs
1 ℔. für die Bewegung der Maschine ab-
und Robins nimmt daher 2,5 ℔. als die
den Widerstand gegen die Kugel überwand.
s des Cylinders nur $\frac{1}{50}$ des Halbmessers des
ises beträgt, die Geschwindigkeit aber nahe
nde, so folgt, dafs der Widerstand gegen
eser Geschwindigkeit nicht weniger als $\frac{1}{50}$
36 Unzen beträgt, wodurch der zweite der
esen ist. Bei den folgenden Versuchsreihen
M angehangen, deren Gröfsen im Verhält-
6 zunahmen. Die ersten 10 Umdrehungen
hlt, und es erfolgten dann bei

) Umdrehungen in 54,5 Sec., also
) — — 27,25 —
) — — 27,5 —
) — — 27,5 —
) — — 27,5 —.

Widerstände in dem Verhältnisse 1:4:9:16
respondiren die Geschwindigkeiten im Ver-

hältnifs 1:2:3:4, wonach also die Wid
schen Verhältnisse der Geschwindigkeiten

12) Die meiste Mühe und den gröf
Uebrigen hat Hutton[1] auf die Lösung
wandt. Dem von Newton aufgestellten
nach der Widerstand der Dichtigkeit des
drate der Geschwindigkeit proportional se
gende Darstellung. Heifst a die Fläche,
des bewegten Körpers, p das spec. Ge
leistenden Flüssigkeit und g nach der äl
der in einer Secunde durchlaufene Raun
Körpers, so ist die der Geschwindigkeit

Fig. 196. $= \frac{v^2}{4g}$ und der Widerstand $w = \frac{apv^2}{4g}$.

Bahn, worin der gegebene Körper sich
Schnitt durch denselben, EG eine Tange
längerte Axe in G schneidet, EF, ef zv
bis zum Verschwinden nahe Ordinaten,
$CF = x$, $EF = y$, $BE = z$ setzt, der mit
$= 2y\pi$, das Differential der Fläche oder
bene Ring $= 2y\pi.\partial z$ und der Widers
$= \frac{pv^2}{4g}.\text{Sin.}^3 G \times 2y\pi.\partial z$. Ist dann fü

so ist $y = \sqrt{r^2 - x^2}$, $\text{Sin. } G = \frac{x}{r}$, und
$y.\partial z = r.\partial x$. Hieraus wird für den V

$$\partial w = \frac{\pi p v^2}{2g} \cdot \frac{x^3}{r^3} \times r\partial x = \frac{\pi}{}$$

mithin ist für die durch BE erzeugte sph

$$w = \frac{\pi p v^2 x^4}{8g r^2}.$$

Ist dann $x = r$, so wird der Widersta
kugel:

$$w' = \frac{\pi p v^2 r^2}{8g}.$$

---

1 Course of Mathematics. Composed for t
litary Academy cet. 6th. ed. Lond. 1811. III T.
of the Royal Soc. of Edinburgh. T. II. Verg
Th. VII. S. 289; ein kurzer Auszug.

, dem aufgestellten Gesetze, wonach der Wider-
e der Oberfläche und dem Quadrate der Ge-
irect proportional seyn soll, angemessene Formel
ron[1] mit denjenigen Resultaten über den Wi-
ft gegen geschossene Kugeln, welche durch die
Woolwich erhalten wurden[2]. Wird hierbei in
se g = 16 Fuſs, der Durchmesser der ange-
= 2r = $\frac{1}{6}$ Fuſs gesetzt und p (das Gewicht
s Luft) = 1,2 Unze angenommen, welches
ttlere spec. Gewicht der Luft nennt, so wird

$$w = \frac{9}{44000} v^2.$$

und die Versuche mit Kugeln von 2 Zoll
en folgende Resultate für die Geschwindigkeit
ch englischen Fuſsen und den Widerstand in
gl. Pfund.

ch hen	w nach Rechnung	Geschwin-digkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung
6	0,005	600 Fuſs	110,4	73,6
6	0,021	800 —	212,0	130,9
3	0,082	1000 —	362,1	204,6
7	0,184	1100 —	456,9	247,6
7	0,329	1200 —	564,4	294,6
6	0,511	1400 —	811,5	401,0
	2,46	1600 —	1086,9	523,7
	8,2	1800 —	1368,6	662,8
	32,7	2000 —	1637,8	818,3

zwischen den durch Rechnung und Versuche
hen wachsen bis zu einer Geschwindigkeit von
Secunde und nehmen dann wieder ab. Hut-
nach den Resultaten der Versuche annehmen
der Widerstand den Flächen allerdings pro-
id nur etwa im Verhältnifs von 1 : 1,03 mit
fse wachse[3]. Ist daher der Widerstand = w
om Halbmesser = r gefunden, so ist er für eine
messer = r′:

1 Tracts ed. 8vo T. III. p. 219.
Ballistik. Bd. I. S. 714.
Wind. §. 114.

$$w' = w \frac{r'^2}{r^2},$$

und wenn man die angenommene Corre

$$w' = w \frac{r'^2}{r^2} (1{,}03).$$

Ohne Rücksicht auf diese letztere Corre
von 5,6 Zoll Durchmesser oder eine 24
Geschwindigkeit schon einen Widerstan
leiden.

14) Die Vergleichung der durch B
Versuche gefundenen Gröfsen zeigt
schiede, als dafs man es für möglich
Einklang zu bringen, und da die Versu
sind, so entwickelte HUTTON[1] aus die
pirische Formel. Unter der Vorausset
stand der Gröfse der Fläche und der
stehenden Flüssigkeit proportional, da
der Geschwindigkeit aber nicht in gan
setzt er

$$w = \frac{\pi p r^2}{8g} (m v^2 +$$

und sucht die Coefficienten m und n
erhalten. Die für 500 Fufs und für
keit gefundenen Gröfsen geben in Pfun
wicht $m = 0{,}00002665$ und $n = -0$
Werthe in der Gleichung substituirt we
stehende Tabelle den Grad der Uebe
Rechnung und Versuchen:

1 Tracts. T. III. p. 226.

Ge- win- eiten	w nach Versu- chen	w nach Rech- nung	Ge- schwin- digkeiten	w nach Versu- chen	w nach Rech- nung
)Fufs	0,174	—0,133	1100 Fufs	28,56	27,86
) —	0,709	+0,266	1200 —	35,27	33,26
) —	1,612	1,200	1300 —	42,71	39,86
) —	2,906	2,666	1400 —	50,72	46,66
) —	4,650	4,666	1500 —	59,19	54,00
) —	6,900	7,200	1600 —	67,93	61,86
) —	9,750	10,206	1700 —	76,77	70,46
—	13,250	13,866	1800 —	85,54	79,20
—	17,519	18,000	1900 —	94,11	88,66
—	22,625	22,666	2000 —	102,36	98,66

erechneten Werthe weichen von den durch Versuche für Geschwindigkeiten bis zu 200 Fufs in der Se- edeutend ab, dafs hierfür auf jeden Fall die Formel gen kann. Hutton schlägt daher vor, hierfür

$$w = \frac{\pi p r^2}{8g} . 0{,}0000176 v^2$$

wodurch die Uebereinstimmung sehr genau wird. uch für die übrigen Geschwindigkeiten die Unter- schen den Resultaten der Rechnungen und Versuche ern, bringt er die Formel

$$w = \frac{\pi p r^2}{8g} (mv^2 + nv + q)$$

g, und bestimmt die hierin befindlichen Coefficien- für 600 Fufs, 1200 F. und 1800 F. durch Ver- ndenen Widerständen, wonach $m = 0{,}00003028$; 071666... und $q = 0{,}3$ wird, was dann folgende bt.

Geschwindigkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung	Geschwindigkeiten
100 Fufs	0,17	−0,11	1100 Fufs
200 —	0,71	+0,08	1200 —
300 —	1,61	0,88	1300 —
400 —	2,91	2,29	1400 —
500 —	4,65	4,29	1500 —
600 —	6,90	6,90	1600 —
700 —	9,75	10,12	1700 —
800 —	13,25	13,95	1800 —
900 —	17,52	18,38	1900 —
1000 —	22,63	23,41	2000 —

Wie grofs der Widerstand der Luft
Körper sey, macht Hutton[1] anschaulich
dafs eine 24pfündige Kugel, welche mit
digkeit sich zu bewegen anfängt, schon
280 Fufs auf 1500, und nach 1000 F
zurückgebracht werde.

15) Aus dem bisher Mitgetheilten g
dafs die Theorie mit der Erfahrung ke
Uebereinstimmung sey, nicht zu gedenk
chung mehrerer empirischer Formeln für
digkeiten schon an sich nicht genügend b
Hutton selbst scheint dieses gefühlt zu h
ter aber überzeugte er sich, dafs die an
empirischen Auffindung des Widerstande
schwindigkeiten unter 300 Fufs in 1 Sec
Daher entschlofs er sich zu einer Reihe n
er die nämliche Maschine anwandte, deren
hatte, die aber mit ausnehmender Gena
durch Ellicot ausgeführt wurde und
Militärakademie vorhanden ist. Heifst nac
Maschine angegebenen Bestimmungen da

---

1 Tracts. T. III. p. 252.

2 Tracts. T. III. p. 169. Die sämmtliche
len Versuchsreihen findet man vollständig ang
Encyclop. Metropol. Mixed Sc. T. I. p. 351.
läufig seyn, diese alle hier aufzunehmen.

verung des Armes mit der Kugel P eine gewisse
e in einer gegebenen Zeit hervorbringt, M, das-
aber, welches nach Wegnahme der Kugel P
lenge Umläufe in der nämlichen Zeit hervor-
ist der Widerstand

$$w = \frac{M - M'}{M}$$

Oder da die Umläufe in gleichen Zeiten sich
lie Gewichte, so ist

$$w = M \frac{n'}{n}$$

des Körpers P, wenn n die Zahl der Umläufe
e den Körper P und n' die Zahl der Umläufe
er P, beide in gleichen Zeiten, bezeichnen.
diese Versuche in den Jahren 1786 und 1787
Kugeln an, sondern auch mit anders gestalte-
nd verwandte auf dieselben weit mehr Sorgfalt
r Messung der Zeit und der Bestimmung der
l, als auch der Dimensionen der angewandten
ird für unseren Zweck genügen, die allseitig
ichen Resultate der gesammten Versuche mit
alteten Körpern und bei ungleichen Geschwin-
gender Tabelle übersichtlich zusammenzustellen,
schwindigkeiten in 1 Sec. mittlerer Sonnenzeit
und w den Widerstand in Unzen Avoir-du-
bezeichnen.

Fuſs ist, so wird $x = \frac{80}{24} w = \frac{10}{3} w$ stimmten Körper aus der Tabelle ent Wird z. B. diese Höhe für eine Halbk belle, bei einer Geschwindigkeit von 1 w dort = 0,634 und also x = 2,377 ner Luftsäule, deren Gewicht dem g gleich wäre.

f) Sucht man die Geschwindigkeit fordert wird, um einen Widerstand z Gewichte einer Luftsäule von der Höhe gleich ist, so fand sich der Widerstand digkeit für eine Kugel von $\frac{2}{3}$ Quadratfu Kreises = 0,027 Unzen, und diesemna dem Quadrate der Geschwindigkeit prop kann, für 1 Fuſs Geschwindigkeit $= \frac{0,0}{3}$ Unze. Beträgt dann das Gewicht eines ber 13600 Unzen, so ist der Druck engl. Zoll oder 2,5 Fuſs Barometerhö Fläche

$$2,5 \times 13600 \times \tfrac{2}{3} = 7555\tfrac{5}{6}$$

Aus dem Verhältniſs $\sqrt{0,003} : \sqrt{7566} = 1$ Fuſs als diejenige Geschwindigkeit gefun der obigen Angabe das Verhältniſs der derstände für gröſsere Geschwindigkeiten

g) Indem eine Kugel von der Grö den Versuchen diente ($6\frac{3}{4}$ Zoll Durchme schwindigkeit schon 0,663 Unze Wide eine 36 Pfünder-Kugel, welche die nä 1600 Fuſs Geschwindigkeit schon einen &c. erleiden, wenn man diesen den Quadr keit proportional setzt. Indem aber bei hinter der Kugel ein leerer Raum entsteh gewöhnlichem atmosphärischen Drucke n Vacuum einströmt[1], so kommt der Luft

---

1 Vergl. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 59 muſs auf den Unterschied des hier genomme dort gewählten Parises Fuſses Rücksicht geno

nzu[1], woraus ein Widerstand von mehr als 900 ℔.

n eine gegen ie ruhende Luft in horizontaler
egte Fläche einen beliebigen Winkel gegen die
wegung bildet, so ist der Widerstand am stärk-
nd verschwindet oder wird = 0 für 0°. Nach
suchen erleidet eine Fläche von $\frac{3}{4}$ Quadratfufs
Geschwindigkeit in 1 Secunde und einem Nei-
= α einen Widerstand

$$w' = 0{,}841 \text{ Sin.}\alpha^{1{,}842 \text{ Cos.}\alpha}$$ in Unzen.

ese Fläche und Geschwindigkeit als Einheit an,
in Gemäfsheit der oben gefundenen Gesetze vor-
Widerstand den Flächen im einfachen, den Ge-
aber im oben näher bezeichneten, etwas mehr
n Verhältnisse proportional sey, so hat man all-
Fläche = a, eine Geschwindigkeit = v und
winkel = α den Widerstand w':

$$\left(v^{2{,}04} \cdot a \times 0{,}841\right) \text{Sin.}\alpha^{1{,}842 \text{ Cos.}\alpha}$$

-du-poids-Gewicht.

asser hat Hutton keine Versuche angestellt;
an, dafs hierfür die nämliche Formel gelten
an nur den Unterschied der Dichtigkeiten bei-
berücksichtige. Nach seiner Bestimmung ist
der Dichtigkeiten beider Flüssigkeiten = 1:780,
der Widerstand für Wasser w'' mit Beibehal-
hen Bezeichnungen:

$$= \left(v^{2{,}04} \cdot a \times 656\right) \text{Sin.}\alpha^{1{,}842 \text{ Cos.}\alpha}$$

-du-poids-Gewicht.

t sich nicht in Abrede stellen, dafs dieser Bei-
ung eines der schwierigsten Probleme im gan-
angewandten Mechanik von grofsem Werthe
er sind die Mathematiker nicht zu der Ueber-
, dafs dasselbe dadurch vollständige Erledigung

ussetzung kann schwerlich für genügend begründet
).

gefunden habe. BARLOW[1] bemerkt au
gefundene allgemeine Ausdruck

$$w = a v^m \text{ Sin.} x^n \text{ Cos}$$

sehr unbequem sey, insbesondere wenn
des Windes gegen ein Segel oder die
suche, was selbst auch dann noch statt
annehme. Nach seiner Ansicht sind au
che den gelehrtesten theoretischen Unt
was auch ein jeder gern zugestehn wird,
fachen und schwer theoretisch zu be
berücksichtigt, welche bei diesen sehr
scheinungen in Betrachtung kommen.
sind daher die Versuche des geschickte
SMEATON[2], welche zwar zunächst be
Neigung der Windmühlenflügel aufzufin
erwähnt werden können, weil sie sich
derstand der flüssigen Medien überhaupt
Maschine angestellt wurden, die der z
Fig. 197. ähnlich ist. Sie besteht aus einem
ABC, welches dazu dient, die beweg
In diesem geht die bewegliche vertic
welcher der Arm FG befestigt ist, w
Flügel in einem schicklichen Abstande
drehung zu tragen. Die Axe ist mit
der versehn, und um diesen eine Sc
durch Anziehn derselben mit der Han
schwung zu versetzen, wobei der Mitt
Kreis mit dem Halbmesser DI beschre
schiedenen Winkeln gegen ihre Bahn
den Widerstand der Luft um ihre ho
werden. Von L geht eine feine Schnu
M, über die Rolle N und unter der R
der Windmühlenflügel, um welche sie
Hebung des Gewichtes P ein Mafs der
Flügel sich umdrehn, welche nebst ihr

---

1 Encyclop. metrop. Mixed Sciences. T

2 Philos. Trans. 1759. p. 100. Bes
powers of wind and water. 8. Vergl. Philo
TON. T. XI. p. 360.

genau balancirt sind. An dem Gestelle war ein
ng weggelassenes Pendel angebracht, aus zwei
nen Stange oben und unten befestigten Bleiku-
, dessen dem *Metronome* ähnliche Einrichtung
in jeder beliebigen Zeit gestattete. Die Schnur
mit der Hand gerade so stark gezogen, dafs das
hwingungen während einer Umdrehung der Ma-
e. Die Flügel bildeten einen Winkel von 55°
lessen Ergänzung von 35° den Neigungswinkel
cht durch ihre Bahn gelegte Ebene giebt, wel-
NT die geeignetste Richtung seyn soll. Endlich
ch erwähnt zu werden, dafs das Gewicht P so
t wurde, bis es hinreichte, die mit einer ge-
ndigkeit bewegten Flügel zum Stillstande zu
hierbei findet übrigens der allgemeine Satz der
hanik Anwendung, dafs der Nutzeffect eine zu-
Function der Geschwindigkeit und der Gröfse
Kraft ist.

l nicht erforderlich seyn, die aus den einzel-
efundenen Gröfsen ausführlich zu beschreiben,
ich mich, nur die allgemeinen Resultate an-

hwindigkeit des Umlaufens der Windmühlen-
en frei oder mit einem Gewichte so beschwert
in Maximum des Effectes gaben, verhält sich
en Construction wie die Geschwindigkeit des

ier Gestalt und Richtung der Flügel verhalten
für das Maximum des Effectes nahe, aber
wie die Quadrate der Geschwindigkeiten des

te der nämlichen Flügel im Maximum verhal-
er etwas weniger, wie die Kubi der Geschwin-
ndes.

wichte für das Maximum bei den nämlichen
sich nahe wie die Quadrate, und ihre Effecte
bi ihrer Umdrehungen.

e Flügel mit einem Gewichte beladen sind, so
gegebenen Geschwindigkeit ein Maximum er-
Geschwindigkeit des Windes zunimmt, wäh-

rend das Gewicht unverändert bleibt, s
quadratischen Verhältnifs der Zunahme
Windes. Steigt letztere auf das Do
Effect im Verhältnifs von 10:27,5. St
digkeit des Windes über das Doppelte,
nahe in gleichem Verhältnifs.

f) Bei Flügeln von der nämliche
ist die Zahl ihrer Umdrehungen bei g
des Windes ihrer Länge umgekehrt pro

g) Die Gewichte für das Maximun
Flügel von der nämlichen Gestalt und
mögen, verhalten sich wie die Kubi
von der Umdrehungsaxe.

h) Die Effecte der Flügel von glei
tung verhalten sich wie die Quadrate di

i) Die Geschwindigkeiten der äufse
mühlenflügel bei der gebräuchlichen Gr
sie unbelastet oder auch wenn sie für
fectes belastet sind, sind allezeit gröfse

20) Man ersieht aus dieser Darstel
sen Versuchen nur auf indirecte Weis
Bestimmung des Widerstandes entnehme
ist der Fall bei denen, welche Edgew
Absicht anstellte, um die geeignetste F
den. Hierzu bedient er sich einer ähn
als welche Robins gebraucht hatte, und
sentlichen folgende Resultate. Die Um
sich, ohne Anwendung einer gegen die
stand leistenden Fläche, erforderte für di
male Geschwindigkeit 40 Unzen, die al
wenn man die Stärke des Widerstand
Wurde auf den Arm ein Parallelogramm
ten aufgesetzt, so betrug das Gewicht,
horizontal stand, 112 Unzen, wenn si
war, 121 Unzen[2]. Für eine Scheibe Wei

---

1 Philos. Trans. 1783. T. LXXIII. p.
Lectures. T. II. p. 227.

2 Die Ursache dieses Unterschiedes ist
daraus erklärbar seyn, dafs bei ihrem verti

as Gewicht 80 Unzen, für eine andere von 8
262 Unzen. War das erstere Parallelogramm zu
n 8 Zoll Chorde gebogen, so erforderte die Be-
ürzere Seite horizontal, 128 statt 121 Unzen,
7,25 Zoll Chorde gebogen, sogar 133 Unzen.
Widerstände auf 1 Quadratzoll reducirt, so

n	Inhalt	Widerstand	Widerstand gegen 1 Quadratzoll
Fläche .	16 Zoll	40 Unzen	2,50 Unzen
—	64 —	222 —	3,47 —
. . . . .	36 —	81 —	2,25 —
äche. . .	32 —	88 —	2,69 —
Fläche . .	29 —	93 —	3,21 —

Unterschied zwischen der quadratischen und
he als unbedeutend und durch Beobachtungs-
t angenommen wird, so könnte hiernach ge-
dafs bei geraden Flächen die Gestalt gleich-
ber der Inhalt des Parallelogramms ungleich
der des kleinen Quadrates, und der Wider-
fse der Flächen zunimmt, so folgt aus der
wendig, dafs quadratische Flächen (vermuth-
über welche leider nichts angegeben ist) den
tand erleiden. Wahrscheinlich darf man den
gleich grofse Flächen der Gröfse des Umfan-
portional setzen. Dafs übrigens der Widerstand
r Flächen in einem gröfseren Verhältnisse als
zunehme, geht aus diesen Versuchen deutlich
enden Falle ist dieses Verhältnifs = 1 : 1,398.
wächst der Widerstand, wenn die Luft in
verdichtet wird und weniger leicht abfliefsen
GEWORTH den Schlufs gründet, dafs hohle

beigeführt und die Reibung vermehrt wurde. Be-
Fällen das äufsere Ende der Scheibe in gleichem
ndrehungsaxe, so dürfte der Grund einfacher darin
n verticalen Stande ein gröfserer Theil der Fläche
ung vom Umdrehungspuncte befand, was nach
einen bedeutenden Unterschied macht.

Segel einen gröfseren Effect haben, u
ihm zunächst zu thun war.

21) Eine ausführliche Untersuchun
der Mittel hat Robison [1] mitgetheilt; er
Bedauern, dafs durch die vereinten
Mathematiker Europa's dieses höchst
Mechanik keineswegs vollständig gelös
einmal hoffen lasse, dasselbe jemals
sehn. Es wird indefs nicht erforderli
Britten in seinen Betrachtungen zu folg
eigenen neuen Untersuchungen, sondern
fremden Forschungen Bekanntgewor
zugleich diese seine Ansicht hindernd
er den Widerstand, welchen in flüssig
per erleiden, der Kraft des Stofses gle
gleicher Geschwindigkeit bewegten F
fortbewegen. Im Allgemeinen legt
Grunde, wonach der Stofs oder der
der Geschwindigkeit proportional seyn
Kraft des geraden Impulses gegen eine
gegen eine gleich grofse in einem Wi
$f = F \sin.^2 i$ seyn, und wenn S die ga
Normalmafse bezeichnet, wofür F als
ist $f = FS \sin.^2 i$. Dieses Theorem s
gestellt haben. Robison leitet aus die
retischem Wege einige auf die Figure
Bestimmungen ab, die ohne Mittheilun
hier Platz finden mögen. Der Wider
der oder die convexe Seite eines Hal
Widerstandes gegen die durch seine A
Widerstand gegen eine Kugel oder Hal
des Widerstandes gegen die Durchschn
trum der Kugel oder gegen einen Cyl
Halbmesser. Zu diesen Sätzen fügt
wonach der Widerstand einer unelas
eine in gerader Richtung ihr entgege

---

1 System of mechanical philosophy. E
p. 261 bis 368.

2 In Oeuvres de Mathématiques. 1673.

elben von der gegebenen Basis und der doppelten von herabfallend sie die gegebene Geschwindigkeit ürde, gleich seyn soll.

ichst giebt Robison eine Uebersicht der zur Prüfung angestellten Versuche, worüber bereits oben geredet , weswegen es genügt, hier nur die Namen derjeni- en zu nennen, deren Bemühungen er berücksichtigt. Newton, s'Gravesande, Dan. Bernoulli und Kraft, Robins, de Borda und die Mitglieder Commission, welche von der Pariser Akademie er- , um den Widerstand des Wassers zu ermitteln, ndorcet, d'Alembert, Bossut u. s. w. Aufser nt er noch Bouguer und Don George de Ulloa[2], ibersieht man aber bald, dafs er sich hauptsächlich du Buat und Bossut über die Stärke des Was- gestellten Versuche gehalten hat, um hieraus die Widerstandes der Flüssigkeiten zu entwickeln, weil Satze ausging, dafs der Widerstand gegen eine ssigkeit der Stärke ihres Stofses gegen ruhende n sie selbst bewegt ist, gleich sey. Genau ge- heint ihm die durch Newton begründete Theorie ides durch die Bemühungen aller nachfolgenden Ge- bedeutend weiter gefördert worden zu seyn. Hiernach rstand des Wassers etwas gröfser, als dem Qua- schwindigkeit proportional, was Newton von der dhäsion) der Theilchen dieser Flüssigkeit ableitet. entstehende Theil des Widerstandes ist für alle keiten constant, der übrigbleibende aber dem Qua- schwindigkeiten proportional, wie er durch seine t Kugeln von wenig gröfserem specifischen Ge- den des Wassers, nachwies, die daher in dieser hr langsam herabfielen. Bewegen sich Körper im rizontaler Richtung, so hebt sich das Wasser vor

ufserdem Art. *Wind.* §. 110.

sagt: in Examine maritimo. Mir ist das Werk, worin über den Widerstand der Mittel handelt, unbekannt; Robison, es nicht zu kennen, indem ihm blofs dasjenige was Prony daraus entlehnt. S. dessen Architectura Hy- . Ueb. von Langsdorf. Th. I. S. 418.

denselben und sinkt hinter ihnen, un
hende hydrostatische Druck mufs noth
Widerstand vergröfsern. Auf gleiche W
vor dem bewegten Körper zusammenge
verdünnt; aus beiden Ursachen erwäch
des Widerstandes, welche nach Robi
geln von 1100 bis 1200 Fufs Geschwi
zugsweise merkbar zu werden beginnt
schon den merkwürdigen Umstand, welc
fand (§. 5), dafs eine unmittelbar un
Wassers bewegte Kugel gröfseren Wi
gröfserer Tiefe unter derselben. Das
hauptet Don George de Ulloa, welc
gegen ein Bret von 1 Fufs Breite, bis
Wasserstrom von 2 F. Geschwindigkeit
wenn es aber 2 F. tief eingetaucht w
Fläche entgegenstellte), bei $1\frac{1}{3}$ F. Ge
fand[1].

22) Der zweite von Newton auf
der Natur der Sache von selbst hervorg
nach der Widerstand der Gröfse der Fl
seyn soll, wird auch von Robison als
men, doch verkennt er nicht, dafs di
Abweichungen davon zeigt. Hierüber
sultate der Versuche de Borda's an,
Flächen folgende wachsende Gröfsen er

Flächen	Widerstände	Unterschiede
9 Zoll	9,000	0,000
16—	17,535	1,535
36—	42,750	6,750
81—	104,737	23,737

Die Reihe ist zu kurz, als dafs man au

1 Der Versuch ist keineswegs so rein
obigen sind. Auf eine nähere Untersuchung
bison gegen Ulloa's Theorie aufstellt, un
Watts in Edinb. Philos. Journ. N. VIII. p.
eingehn.

llein, das Gesetz der Zunahme des Widerstandes für Flächen entnehmen dürfte.

gen den theoretisch angenommenen Satz, wonach tand dem Quadrate des Sinus des Einfallswinkels seyn soll, erklärt sich Robison auf das bestimm- l diese Aufgabe in Beziehung auf die geeignetste Vordertheils der Schiffe von gröfster Wichtigkeit net er ihr eine ausführliche Untersuchung. Um die hierüber angestellten Versuche zu prüfen, wird ert, die *Gröfse des Widerstandes bei perpendicu- ng der Flüssigkeit* gegen eine gerade Fläche zu allein die hierfür aus der Erfahrung gefundenen hen sehr bedeutend von einander ab. Die Com- französischen Akademiker fand für eine Fläche von atfufs bei 2,56 Geschwindigkeit in 1 Sec. = 7,625 Buat aber für die nämliche bei 3 F. Geschwin- &., welches, durch den Quotienten von $2{,}56^2 : 3^2$ eschwindigkeit reducirt, 9,53 &., von 7,625 be- eichend, giebt. Inzwischen sind die Resultate ergleichbar, denn zu den ersten Versuchen diente den letzten ein 2 Fufs langes Parallelepipedon atfufs Querschnittfläche. Bouguer fand den Wi- Seewassers gegen eine gleich grofse Fläche bei 1 ndigkeit nahe 23 Unzen, de Borda, wenn der Würfel war, 21 Unzen, Ulloa gegen einen engl. ei 2 Fufs Geschwindigkeit 15,25 &. engl. Im t Robison, könne man den Widerstand bei per- Richtung dem Gewichte einer Wassersäule von der che und der doppelten, der gegebenen Geschwin- örigen Fallhöhe gleich annehmen.

em die besten, bis dahin bekannten Versuche über nd verschieden gestalteter und gerichteter Flächen eziehung auf die beste Form des Vordertheils der diejenigen, welche die obengenannte Commission iedern der Akademie zu Paris anstellte[1]. Diese

[1] ltenen Resultate finden sich in den hydraulischen Wer- ar, Bossut und in den später über diesen Gegenstand sführlicheren Schriften. Hier wird genügen, nur einige tzutheilen, die sich an die später zu erwähnenden Ar-

liefs 15 Boote bauen, welche 2 Fufs v
lang waren. Eins derselben war ein P
also dem Wasser eine gerade Fläche
entgegenstellte, die andern hatten
Fig. 198. deren Winkel von 12 zu 12 Graden
bis zu der geraden Fläche zunahmen, so
der Flächen gegen die zu überwinden
6 Grad verschieden waren. Zur gena
zu bemerken, dafs die Linien, welc
Graden wachsenden Winkel A C B ei
gestaltet waren. Alle diese Boote w
das Wasser in einem sehr weiten Ba
fortgezogen, welches über eine Rolle
Ende ein veränderliches Gewicht trug
digkeit nach einer kurzen Zeit zur g
ging. Der dann in genau abgemessene
betrug 96 Par. Fufs, und das hierz
gab, nach Abzug eines durch Schät
für Ueberwindung der Adhäsion und d
sers am Vordertheile, den erlittenen W
genden Tabelle enthält für die aus d
suchen gefundenen Resultate die erste
winkel des Vordertheils, die zweite di
den Theorie, wonach der Widerstand
des Einfallswinkels proportional seyn s
stände, die dritte die durch die Versu
vierte die Unterschiede beider, inde
chen Gröfsen zur bequemeren Ueber
sind.

---

beiten der für gleiche Zwecke vereinten s
Gesellschaften anschliefsen.

Win-kel	Widerstand berech-net	Ver-such	Unter-schied
180°	10000	10000	0
168	9890	9893	3
156	9568	9578	10
144	9045	9084	39
132	8346	8446	100
120	7500	7710	210
108	6545	6925	380
96	5523	6148	625
84	4478	5433	955
72	3455	4800	1345
60	2500	4404	1904
48	1654	4240	2586
36	955	4142	3187
24	432	4063	3631
12	109	3999	3890

e der Versuche weichen von den theoretisch ge- bedeutend ab, dafs die Unterschiede unmöglich von Beobachtungsfehlern gelten können, sondern hen Bestimmungen als ungenügend darstellen. Die eiteten aus diesen Versuchen eine empirische For- ach

$$p = P \cos.^2 x + 3{,}153 \left(\frac{x}{60°}\right)^{3{,}25}$$

ie Ergänzung des halben Winkels A CB, P den Wi- die gerade Fläche, p aber den gegen das den gege- l bildende Vordertheil des Bootes bezeichnen. Für von 12° giebt diese Formel eine Abweichung hr als 0,01 des Ganzen, für die übrigen noch ge- wir können sie daher als den Versuchen hinläng- l betrachten. Robison bemerkt indefs, dafs diese in dem Falle leicht anwendbar und bequem sey, rdertheil aus geraden Flächen besteht, keineswegs iese gekrümmt sind, in welchem Falle obendrein g sehr wenig mit der Erfahrung übereinstimmt, egung der Flüssigkeit durch den anfänglichen Stofs dificirt wird, und wir nicht annehmen dürfen, ertheil aus einer Zahl von Flächen zusammenge- en jede für sich genommen denjenigen Impuls er-

des Körpers und von der Verschiedenh
che die auf die vordere Seite des Kör
keitstheile in Folge dieses Stofses je na
stalt der vorderen Fläche annehmen,
Stärke des sogenannten *negativen*
wird. Alles dieses erwägend glaubt Y
gegen geneigte Flächen $= r'$ lasse sich
ausdrücken, wenn r den Widerstand g
und α den Neigungswinkel bezeichnet:

$$r' = \frac{0{,}2\,r + 0{,}04\,\text{Tang.}\,\alpha +}{360 + \alpha}$$

Dafs der gerade Widerstand einer Fl
gegebenen Basis und einer der Gesch
Fallhöhe gleich sey, wird hierbei als a
Noch genauere Werthe soll eine ande
entnommene Formel geben, wonach

$$r' = r\,\text{Cos.}^2\,\alpha + 0{,}000000$$

ist. Ob die bis dahin bekannt geworde
die Genauigkeit dieser Formeln zu prüf
bis zu 80° gültig seyn sollen, möge au

25) Ohne bei der vorhandenen ü
Vollständigkeit Anspruch zu machen,
manche nicht unbedeutende Arbeiten ü
Eytelwein[1], Gerstner[2], Romme[3],
suchungen über den Wasserstofs von
geschätzten Untersuchungen von du Bu
Ximenes[7], Zuliani[8], Brunacci[9], Giu

---

1 Sammlung zur Baukunst. 1799.
2 Böhmische Abhandlungen 1795. Th. I
3 Art de la Marine. Roch. 1787.
4 Mém. de Turin. 1784 u. 1785.
5 Principes d'hydraulique. 2me éd. Par.
6 Nouv. expériences sur la résistance d
de l'Acad. 1778.
7 Nuove sperienze idrauliche. Siena 17
8 Mem. dell' Accademia di Padova. T.
9 Società Italiana. T. XVII. Part. Mat.
10 Saggio di Padova. T. IV. p. 96. Insti
I. part. 1.

, insbesondere aber die gehaltreiche Bearbeitung
be zunächst in Beziehung auf den Stofs und Wi-
Wassers von Giuseppe Venturoli[1], ohne ferner
rsuchung der Form derjenigen Körper einzugehn,
ngsten Widerstand entgegensetzen, ein Problem,
st von Newton, später unter andern von L'Ho-
ıe[3], Bouguer[4], Legendre[5], Emerson[6] und ver-
deren[7] behandelt wurde, mögen die nachfolgenden
hier noch eine Stelle finden.

irfen Faraday's[8] Versuche nicht übergangen wer-
liente sich hierbei einer Maschine, mittelst deren
it Flügeln in *verschiedenen Gasarten* durch eine
stark in Bewegung gesetzt wurde, wobei dann die
viel kürzere Zeit dauerte, je gröfser der Wider-
Gefäfse eingeschlossenen Luft war, der den Still-
hrte. Sie dauerte in kohlensaurem Gas 6 Sec.;
cher Luft 8 Sec.; in Steinkohlengas 10 Sec. und
gas 17 Secunden. Zwar geht hieraus der abso-
d der Gase nicht hervor, wohl aber, dafs derselbe
eit proportional sey.

en bedeutendsten neuesten Untersuchungen über
d der Mittel gehören die von Tredgold. In
Abhandlung desselben[9] befinden sich blofs theo-
htungen, ohne Rücksicht auf die bereits vorhan-
hen Versuche. Zunächst bestreitet er den von
estellten Satz, dafs der Widerstand, welcher eine
ssigkeit gegen einen in ihr bewegten Cylinder
l, beide von gleichem Halbmesser, ausübt, sich

di Meccanica e d'Idraulica. Terz. ed. Milano 1818. 8.
. 168.
l'Acad. de Par. 1699. p. 107. Hist. p. 95.
rans. 1701. T. XXII. p. 746.
l'Acad. 1733. p. 85. 1767. p. 504.
lbst 1786. p. 21.
a naval architecture. T. II. p. 39.
er die ältere Literatur: Hutton math. and phil. Dictio-
19.
Sc. and Arts. T. III. p. 354. Ann. de Chim. et Phys.

dagaz. T. LXVIII. p. 12 u. 113.

wie 2:1 verhalte, weil der Grund, v
dafs die Kraft, womit ein Theilche
dem Stofse der Flüssigkeit zu widerst
drate des Sinus des Neigungswinkel
Richtung der Bewegung proportional
Fig. 199. scheine. Ist CD die in der Richtun
Geschwindigkeit bewegte Fläche, s
Druck der Flüssigkeit gegen dieselbe,
derselben gegen die Fläche mufs sich
wonach also der Widerstand = AB:A
proportional seyn wird. Insofern al
stand gegen eine schiefe Fläche in zw
mit der Bewegung, und diejenige, w
derstand geleistet wird, zerlegt werde
dafs EA als die Diagonale von Ab
wovon Ab der Höhe einer Flüssigk
welche der Geschwindigkeit zugehört,
wird, Aa dagegen den Widerstand g
ausdrückt. Hiernach ist:

$$1 : \text{Sin. CAB} = Ab :$$

also

$$AE = 2Ab \text{ Sin.}$$

und

$$1 : \text{Sin. CAB} = AE$$

also

$$AB = 2Ab \text{ Sin.}^2$$

wonach

$$Ab : AB = 1 : 2 \text{ Sin.}$$

Ist demnach die Bewegung perpendicu
ist $Ab = \frac{AB}{2}$ oder der Widerstand is
Gewichte einer Säule der Flüssigkeit
schwindigkeit der Bewegung zugehört.

Bei einem Cylinder und einer Ku
der nachströmenden, in den verlasse
Flüssigkeit in Betrachtung, und wenn
sigt, so verhält sich nach Tredgold
ser der Widerstand gegen den Cylinde
gel wie 3:2.

Aus allem diesen folgt, dafs, we

ule der Flüssigkeit auf die Geschwindigkeit redu-
e ein in einer Secunde fallender Körper erhält,
öhe h nennt, ihr allgemeiner Ausdruck $\sqrt{\frac{4gh}{2}}$ ist
ıgl. Fuſs genommen), und wenn dann die Ge-
t v der bewegten Fläche gleichfalls in Sexagesi-
genommen, der Neigungswinkel gegen die Rich-
regung aber durch α bezeichnet wird, so ist

$$\text{Sin.}\alpha = \sqrt{2gh}, \text{ also } h = \frac{v^2 \text{Sin.}^2\alpha}{2g}.$$

: lothrechte Widerstand gegen die bewegte Fläche
in der Richtung ihrer Bewegung wie 1 : Sin. α
ird aus

$$1 : \text{Sin.}\alpha = \frac{v^2 \text{Sin.}^2\alpha}{2g} : \frac{v^2 \text{Sin.}^3\alpha}{2g}$$

: dem Widerstande gleichen Säule der Flüseigkeit
eiſst dann b ihre Grundfläche in Fuſsen und
ıt eines Kubikfuſses derselben, so ist ihr Ge-

$$p = \frac{b\,w\,v^2 \text{Sin.}^3\alpha}{2g}.$$

derstand gegen einen Cylinder, welcher in einer
lothrechten Richtung bewegt wird, wenn r den
Kreisfläche und π die Ludolph'sche Zahl be-
$\frac{r^2\pi w v^2}{2g}$.

bewegte Körper ein Kegel, oder endigt er in
elcher in der Richtung seiner Axe bewegt wird,
in seiner Seite gezogene Linie l, der Winkel
diese mit der Axe macht, α (wonach seine
Sin.$^2\alpha\pi$ ist), so ist der Widerstand gegen
$\frac{\pi w v^2 \text{Sin.}^5\alpha}{2g\,l^3}$ (weil hierbei l den Radius des
auf welchen der Sinus des Winkels bezogen
ıer in der oberen Formel = 1 genommen wurde).
α, also wenn die Axe des Kegels die Hälfte
s seiner Basis beträgt, so ist der Widerstand

$= \frac{\pi w v^2 \text{Sin.}^2 \alpha}{1{,}68 \times 2g}$, und sein Widerstan
gegen einen Cylinder von gleichem Ha

c) Endigt der bewegte Körper i
Halbmesser = r, so läfst sich die
Fläche gegen die Flüssigkeit einem W
setzen, und der Widerstand ist = $\frac{0{,}4}{}$

wonach sich der Widerstand gegen ei
gen eine Halbkugel wie 5:2 verhält.

Tredgold setzt dann ferner de
nachströmende Flüssigkeit gegen den
der Höhe einer Säule derselben gleich
Zustande der Ruhe drückt, und nennt
sicht auf den Neigungswinkel der Fl
der Bewegung aber = m Sin. α. Inde
coefficient $= \frac{v^2 \text{Sin.}^3 \alpha}{2g} = \frac{2 v^2 \text{Sin.}^3 \alpha}{4g}$
nachdrückende Säule aber der erhaltene
tional in Bewegung gesetzt werden m
stand R allgemein

$$R = \frac{2 v^2 \text{Sin.}^3 \alpha - 4 g m \text{Sin.}}{4g}$$

$$= \frac{3 v^2 \text{Sin.}^3 \alpha - 4 g m \text{Si}}{4g}$$

Hiernach ist der Widerstand dem Q
keit nicht direct proportional, und w
gröfser wird als diejenige, welche das
theilen und fortpflanzen kann, so m
wegten Körper anhäufen, bis seine
dulus seiner Elasticität grofs genug w
genden Theilen eine Bewegung in de
mitzutheilen.

27) Ohne diese frühere Abhand
Tredgold in einer späteren[1] die näml
verfolgt und die hiernach theoretisch
den durch Erfahrung erhaltenen ver

1 The Philos. Magazine and Annals c

er, an, dafs der *directe Widerstand* der Höhe
keitssäule gleich sey, welche durch ihren freien
em bewegten Körper gleiche Geschwindigkeit v
Höhe h mit Rücksicht auf den Neigungswinkel
$\frac{\text{Sin.}^3 \alpha}{2g}$ sey, wie dieses oben näher erläutert worden

ommt das, was er *Minusdruck* (*Minus Pressure*)
Quantität der Flüssigkeit, welche erfordert wird,
r dem bewegten Körper entstandenen Raum zu
ei jeder Form desselben eine beständige Gröfse
eser Mangel des Druckes daher blofs nach der
it variiren, welche die Flüssigkeit annehmen
n bewegten Körper zu folgen. Heifst dann β der
hen die Fläche mit der Richtung der Bewegung
die Geschwindigkeit $= v \text{ Sin. } \beta$, und dem-
us erwachsende Widerstand $^1 = \frac{v^2 \text{Sin.}^2 \beta}{4g}$, wie
n beide Gröfsen verbunden, so ergiebt sich die
der dem Widerstande äquivalenten Flüssigkeits-

$$H = \frac{v^2}{4g}(2 \text{Sin.}^3 \alpha + \text{Sin.}^2 \beta) + F,$$

ibung bezeichnet. Wird angenommen, dafs eine

[1] nennt dieses *resistance from the deficiency*, und ich
ellung unverändert. Offenbar aber mufs der in einer
gte Körper den Theil derselben, in dessen Raum er
ch hin, zur Seite u. s. w. drücken, und die hierzu
ft ist diejenige, welche den Widerstand überwinden
en gesammten Widerstand. Die Flüssigkeit wird aber
bewegten Körper erzeugten Raum wieder eindringen,
wisse Bewegung erhalten, und mit der hierdurch er-
ndigkeit, wenn die Bewegung des Körpers nicht zu
linterseite desselben stofsen. Sie bildet also einen der
des bewegten Körpers umgekehrt proportionalen, bei
Grade der Geschwindigkeit verschwindenden negativen
n sie durch ihren Stofs die Bewegung befördert, und
eigentlichen Widerstande abgezogen werden. Man
ld, dafs die Auflösung dieser Aufgabe, insbesondere
schaffenheit der jedesmaligen Flüssigkeit und die Rich-
ng in Beziehung auf die Falllinie berücksichtigt, zu
Functionen führt, die bis jetzt der Gewalt der Ana-
iche Schwierigkeiten entgegenstellten.

zur Ueberwindung der Reibung erforde
habe, so wäre

$$H - x = \frac{v^2}{4g} (2 \text{Sin.}^3 a$$

oder

$$x = H - \frac{v^2}{4g} (2 \text{Sin.}^3 a$$

wenn H die zur Erzeugung der Bew
bezeichnet. Wird ferner angenommen,
wie das Quadrat der Geschwindigkeit,
einer Wassersäule, deren Gewicht d
dratfuſs Fläche bei 1 Fuſs Geschwi
kommt, $= f$, so ist $\frac{f}{s}$ die Höhe die
sammte Fläche s des bewegten Körper
lp die Ausdehnung dieser Gesammtflä

$$x = \frac{flpv^2}{s}.$$

Obgleich namentlich bei gröſseren Ge
bung sich nicht genau bestimmen lä
annehmen, daſs die Höhe der zu ihre
lichen Säule um eine Gröſse $= Av$
der Coefficient A aus der Beschaffe
stimmt werden muſs, und dann ist

$$x = \frac{fpv^2(1+Av$$

mithin

$$H = v^2 \left(\frac{2 \text{Sin.}^3 \alpha + \text{Sin.}^2 \beta}{4g} \right.$$

Aus dieser allgemeinen Gleichung lass
den gestalteten Körper folgende entwi

a) Wenn eine ebene Fläche vo
überall gleicher Dicke in gewissen W
sigkeit bewegt wird, so ist mit Verna

$$H = \frac{v^2}{4g} \{ 2 (\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \alpha) +$$

Ist die Dicke unbedeutend, so daſs de
nachlässigt werden kann, so wird

$$H = \frac{v^2}{4g}(2\,\mathrm{Sin.}^3\alpha + \mathrm{Sin.}\alpha).$$

bewegte Körper ein Parallelepipedon mit einem ordertheil, so ist $\mathrm{Sin.}\beta = 1$, und also

$$H = \frac{v^2}{4g}(2\,\mathrm{Sin.}^3\alpha + 1),$$

cht auf die Reibung

$$\left(2\,\mathrm{Sin.}^3\alpha + 1 + \frac{4gfp\left(1 + \frac{b}{4\,\mathrm{Sin.}\alpha}\right)}{s}\right).$$

öhere Rechnung findet Tredgold für die Kugel den Cylinder mit der Halbkugelfläche am vor- $= \frac{1{,}8v^2}{4g}$ und mit der Halbkugelfläche am hinteren

Hiernach sind die verhältnifsmäfsigen Wider- verschieden gestalteten Körper:

ylinder mit ebenen Grundflächen	3	oder 1,00
— — halbkugelförmiger Hinterfläche	2,5	— 0,833
— — halbkugelförmiger Vorderfläche	1,8	— 0,60
ugel von gleichem Radius . . .	1,3	= 0,433

se theoretischen Bestimmungen durch die Er- n, wählt Tredgold die oben (§. 23) bereits mit der alten Theorie verglichenen Resultate nen der Mitglieder der französischen Akade-

Traité d'Hydrodynamique. T. II. p. 411. Tredgold die Bahn.

Win-kel	beob-acht.	Widersta berechn ohne Reib.	m Re
180°	10000	10000	10
168	9893	9891	9
156	9578	9571	9
144	9084	9067	9
132	8448	8417	8
120	7710	7663	7
108	6925	6863	6
96	6148	6068	6
84	5433	5330	5
72	4800	4687	4
60	4404	4170	4
48	4240	3781	3
36	4142	3530	3
24	4063	3393	3
12	3999	3341	3

Die Unterschiede sind an sich nicht g
bar mit der Abnahme der Winkel,
thunlich, sie noch kleiner zu machen

29) Auch die Resultate, welch
Wirbelmaschine erhielt, vergleicht
seine Formel gegebenen, wenn H =
setzt wird. Nimmt man den Wider
winkel von 90°, oder wenn die Bahn
Fläche gerichtet ist[1], = 1000 an, s
kel die Formel $H = \frac{1000\,(2\,\mathrm{Sin.}^2\,a}{3}$
hältnisse der Widerstände:

1 Hiernach bezeichnet also ein Wink
Winkel von 180° in der vorausgehenden T

Win-kel	Widerstand Ver-such	Rech-nung	Unter-schied
90°	1000	1000	0
80	963	975	+ 12
70	915	902	— 13
60	820	788	— 32
50	660	646	— 14
40	506	489	— 17
30	330	333	+ 3
20	157	192	+ 35
10	48	78	+ 30

nige der Resultate, welche die Gesellschaft für nst[1] aus ihren Versuchen erhielt, vergleicht er Der Widerstand wurde bei einer Geschwindigkeit eilen in 1 Stunde oder 8,35 Par. Fuſs in 1 Se-den, und zeigte bei verschieden gestalteten Körpern thältnisse:

talt der Körper	Widerstand berech-net	Ver-such	Verhält-niſs
atische Platte	100,7 &.	80,76 &.	1,08
. . . . .	100,7 —	79,34 —	1,07
Scheibe	100,7 —	80,64 —	1,08
. . . . .	100,7 —	74,69 —	1,00
Halbkugelhinterfläche	83,9 —	56,04 —	0,75
Halbkugelvorderfläche	60,4 —	22,28 —	0,30
zwei Halbkugelflächen	43,6 —	18,53 —	0,25
. . . . .	43,6 —	25,24 —	0,34

meint, es müsse in der Art, diese Versuche anzu-end ein Fehler begangen worden seyn, weil ihre t andern nicht übereinstimmen.

Uebergehung einiger anderer Vergleichungen wen-s zu der, welche mit den durch Hutton's Ver-enen Resultaten angestellt worden ist, da diese, oben ts erwähnten zu den zuverlässigsten gehören. Hier-

y for the improvement of naval architecture. S. Bucha-ling vessels by steam. 1816. Vergl. §. 33 ff.

bei ward eine rectanguläre Scheibe von
inhalt auf dem Arme der Wirbelmaschi
eine verschiedene Neigung gegen die
dann der Widerstand bei 90° oder bei
Scheibe gegen die Bahn = 1000, so
hervor:

Win-kel	Widerstand nach Ver-such	Rech-nung
90°	1000	1000
80	994	975
70	957	902
60	868	788
50	724	646
40	533	489
30	331	333
20	158	192
10	52	78
5	19	34

War der Neigungswinkel der Scheibe
digkeit 12 Fufs in 1 Secunde, so betr
Unze, nach Tredgold's Rechnung 0,8

Auch auf die Versuche, welche H
bewegten Kugeln anstellte, dehnt T
chungen aus. Um die aufgefundene
wendbar zu machen, giebt er ihr folge

$$H = \frac{v^2}{4g}\left(1{,}3 + \frac{1{,}3 \times 0{,}0000}{d}\right.$$

und da ein Kubikfufs Luft bei dem ge
und der bestehenden Temperatur 1,2 U
des Kugelschnittes aber $0{,}7854\,d^2$ Fufs

$$\text{Widerstand in Unzen} = \frac{v^2 d^2}{105}\left(1\right.$$

Widerstand in Unzen gegen eine Kugel von 2 Z. Durchmesser.			
Nach Versuch	Nach Rechnung ohne Reibung	mit Reibung	Unterschied
0,006	0,0066	0,0066	0,000
0,026	0,0265	0,0265	0,000
0,058	0,0595	0,0598	+ 0,001
0,103	0,106	0,1066	+ 0,003
0,163	0,166	0,1673	+ 0,004
0,237	0,238	0,2401	+ 0,003
0,427	0,425	0,4301	+ 0,003
0,676	0,665	0,6750	— 0,001
2,780	2,647	2,7270	— 0,053
11,34	10,60	11,240	— 0,100
25,80	23,80	25,960	+ 0,160
46,50	42,50	47,620	+ 1,120
74,40	66,50	76,500	+ 2,100
110,4	96,00	113,28	+ 2,88
156,0	130,0	157,44	+ 1,44
212,0	171,0	211,96	— 0,04
280,3	215,0	273,32	+ 6,98
362,1	265,0	345,00	+ 17,10
456,9	321	427,48	+ 29,42
564,1	383	521,24	+ 42,86
683,3	450	625,76	+ 57,54
811,5	520	739,52	+ 71,98
947,1	595	865,00	+ 82,10
1086,9	680	1007,7	+ 79,2
1228,4	769	1162,0	+ 66,4
1368,6	860	1326,6	+ 42,0
1505,7	960	1508,7	— 3,0
1637,8	1060	1700,0	— 62,2

grofsen Schwierigkeiten berücksichtigt, welche Genauigkeit solcher Versuche entgegenstehn, so dings der hier statt findenden Uebereinstimmung gefundenen mit den berechneten Werthen gerechte viderfahren lassen. Die Unterschiede sind bald egativ und in ihrer Reihenfolge so wenig regel- die Formel nicht wohl einen constanten Fehler doch sind allerdings die Abweichungen mitunter edeutend, was jedoch bei den grofsen Schwie- nit der Anstellung solcher Versuche unzertrenn- sind, nicht auffallen kann.

32) Schwerlich hat ein Gelehrte neueren Zeit auf irgend ein wissenscha Mühe und Anstrengung verwandt, als auf das vorliegende, nämlich den Wid haupt und insbesondere den Widersta Schiffe je nach ihrer verschiedenen B samkeit auf diesen Gegenstand wurde e funfzehnten Jahre einst einen berühmt matik äufsern hörte, ein Kegel erleide Wasser, wenn er mit der Basis, als gegen dasselbe bewegt werde, und w paradoxen Satz bezweifelte, so liefs er verfertigen, setzte ihn in einem grofs brauerei seines Vaters durch Gewichte gung, und fand dadurch die im voraus Von diesem Augenblicke an bis kurz v er die ihm hierdurch besonders interes mit rastlosem Fleifse. Zu welchen a übrigens seine vielen Bemühungen und aus zahlreichen Experimente führen bekannt, und läfst sich erst dann gehö weitere bedeutende Rest seiner nachge Kenntnifs des Publicums gelangt sey verschiedene Abhandlungen von ihm, neuerte und verbesserte Versuche entha beziehn sich auf den Widerstand der Kraft des Windstofses gegen verschied gleichen Neigungen der Luft entgegen sächlich zur Ermittelung der geeignets der Windmühlenflügel und der Segel. diente er sich[2] einer Maschine, die Theilen und ihrer Construction im G gleicht, die Smeaton (§. 18) gebrau Vorzug geben möchte, sobald nur d wichte und nicht durch Ziehen mit wird. Von den Tabellen, worin die suchen zusammengestellt sind, mögen

---

1 S. Nautical and hydraulical Experim

2 S. Annals of Philosophy. T. VI. p.

ird zuerst der ganze Effect und der die Umdrehung ühlenflügel bewirkende zu 10000 angenommen, so je nach dem Neigungswinkel der Flügel gegen die s Windes folgende:

Win- kel	Effect ganzer	Effect forttreibender	Win- kel	Effect ganzer	Effect forttreibender
5°	217	134	50°	6069	561
10	438	236	55	6708	548
15	940	407	60	7410	496
20	1561	533	65	8244	455
25	2274	644	70	8615	342
30	3475	753	75	8934	272
35	4118	710	80	9279	184
40	4832	708	85	9551	98
45	5377	666	90	10000	0

leren Reihe von Versuchen waren die Flügel fest- daſs sie sich nicht um ihre horizontale Axe n; sie gaben daher nur für verschiedene Neigungs- die ungleichen Geschwindigkeiten der Luftbewe- lute Kraft des Stoſses in Unzen Avoir-du-poids äche von 2 Quadratfuſs Inhalt. Diesem ist hin- Werth von x oder der Exponent, wenn man für Geschwindigkeiten die Kraft $= v^x$ nimmt.

Neigungswinkel	Widerstände für Gesch 4F.	8F.	10F.	12 F
90°	1,0860	4,4757	7,0580	10,23
85	1,0821[1]	4,3458	6,8252	9,86
80	1,0782	4,3152	6,7412	9,70
75	1,0610	4,2060	6,5500	9,40
70	1,0128	4,0323	6,3048	9,04
65	0,9280	3,7665	5,9099	8,53
60	0,8664	3,4587	5,3983	7,76
55	0,7315	3,0112	4,7458	6,88
50	0,6635	2,7285	4,2988	6,24
45	0,6130	2,4754	3,8774	5,60
40	0,5212	2,1574	3,4052	4,94
35	0,4382	1,8251	2,8858	4,19
30	0,3320	1,4977	2,3852	3,48
25	0,2790	1,0917	1,6930	2,42
20	0,1590	0,6790	1,0800	1,57
15	0,1235	0,4304	0,6735	0,97
10	0,0678	0,2397	0,3598	0,50
5	0,0353	0,1223	0,1824	0,25

Der Exponent der Geschwindigkeit x
und kommt also der Gröfse 2 so nahe
verschwindend erscheinen kann; auffa
Werth bei kleinen Neigungswinkeln
ohne die drei letzten Bestimmungen w
Man darf daher mit Grund annehmen
dem Quadrate der Geschwindigkeit pro
Zunahme, die bei wachsenden Gesch
nach einem gewissen Gesetze erhöht w
als eine Folge der zunehmenden Aufs
vor den bewegten Körpern zu betrachte

33) Bei weitem der gröfste Theil
FOY's war auf die Erforschung des Wid
cher das Wasser verschieden gestaltete
Neigungen gegen dasselbe bewegten Kö

---

1 Statt dieser Zahl steht 1,0678, was
der berechneten Geschwindigkeit ergiebt.

2 Man findet dieses alles in einem P
hydraulic experiments with numerous scientif

oben erzählten Veranlassung wurde er vermocht,
en von Versuchen mit Pendeln, die sich im Wasser
anzustellen. Durch Bekanntwerdung dieser gedie-
eiten erwarb er sich das erforderliche Zutrauen, und
auptsächlich Veranlassung, dafs am 14ten April 1791
erwähnte Gesellschaft (*Society for the improve-
val architecture*) unter der Präsidentschaft des Her-
Clarence gestiftet wurde, welche eine aufseror-
lenge von Versuchen in einem sehr geeigneten Bassin
d-Werftes (*Greenland Dock*) unweit London an-
ierbei wurden die verschiedenst gestalteten Körper
der Oberfläche, als auch etliche Fufs tief unter
r durch die erforderlichen Gewichte mit bestimmter
gkeit bewegt, um hierdurch den Widerstand zu er-
d um den eigentlichen Zweck nicht zu verfehlen,
sogar ziemlich grofse Boote von der verschieden-
Der gröfste Theil der Mühe bei der Anstellung
e und der Berechnung der Resultate fiel auf Beau-
ier, mit Hülfe seiner gelehrten Frau den gröfsten
Zeit darauf verwandte. Zwei Reihen von Versu-
f diese Weise zusammengestellt worden, die aus den
bis 95 und 1796 bis 98; eine Mittheilung der-
auch nur eine abgekürzte Zusammenstellung der
rde aber als zu weitläuftig hier um so weniger am
seyn, als ihr Nutzen sich zunächst auf die Schiff-
ieht.

ak Beaufoy[1] hat unterdefs verschiedene einzelne
n bekannt gemacht, die sich auf das Problem vom
der Mittel beziehn, von denen ich jedoch nur die-
ile, welche in einigen sehr instructiven Tabellen
llungen der vorzüglichsten mittleren Resultate ent-
er dieser Tabellen ist der Widerstand in Pfunden
welchen eine Fläche von 1 Quadratfufs Inhalt
Geschwindigkeit in 1 Secunde erleidet, wenn sie

—

[1] uroy, F. R. S. In three Volumes, with Plates. Imp. 4to.
1834. Leider ist von diesem nach seinem Tode durch
Henry Beaufoy herausgegebenen Werke bis jetzt nur der
schienen.

of Philos. New Ser. T. III. p. 276. Vergl. Ann. of

unter Winkeln von 90° bis 10° N
ihrer Bahn bewegt wird.

Nei-gung	Wi-derst.	Nei-gung	Wi der
90°	42,855	60°	34,6
80	40,171	50	30,7
70	37,382	40	25,7

Noch wesentlicher ist die folgende
Columne die Geschwindigkeiten in
einer Wassersäule in Fufsen enthält
gleiche Geschwindigkeit, als die ge
dritte diejenige Kraft in Pfunden an
Säule gegen die gegebene runde ode
von 144 Quadratzoll oder 1 Quadrat
die vierte den mittleren Widerstand
der Bewegung wirklich erlitten, die
beiden vorhergehenden Columnen
Erfahrung gefundenen Minuswiderst

Ge-schwin-digkeit	Höhe der Wasser-säule	Gewicht derselben	Wi sta
1 Fufs	0,0156	0,9750	1
2 —	0,0621	3,3860	4
3 —	0,1399	8,7450	10
4 —	0,2487	15,543	18
5 —	0,3886	24,287	28
6 —	0,5596	34,975	40
7 —	0,7616	47,603	54
8 —	0,9948	62,175	70
9 —	1,2590	78,690	88
10 —	1,5544	97,150	109
11 —	1,8806	117,82	131
12 —	2,2383	139,90	155
13 —	2,6270	164,18	181
14 —	3,0476	190,42	210
15 —	3,4974	218,59	240
16 —	3,9793	248,71	272
17 —	4,4923	280,77	307
18 —	5,0363	314,77	343
19 —	5,6114	350,71	381
20 —	6,2117	388,61	422

t sich, dafs der wirkliche Widerstand den theo-
enen bedeutend übersteigt; in wie weit aber das
Gesetz vom Quadrate der Geschwindigkeiten da-
mmt, darüber sind keine Untersuchungen ange-
Wenn aber in der vorigen Tabelle der Wider-
Quadratfufs Fläche bei 6 Fufs Geschwindigkeit
42,855 ℔., hier aber nur = 40,382 ℔. gefun-
so rührt dieser Unterschied = 2,473 ℔. davon
letzteren Versuche mit gröfserer Sorgfalt und Ver-
er zufälliger Hindernisse angestellt wurden; der
irfte aber darin liegen, dafs jene Versuche mit
nen gemacht und auf 1 Quadratfufs reducirt, diese
unden und quadratischen Flächen von genau 1
halt angestellt worden sind.

grofs auch der Aufwand und die Mühe waren,
annte Gesellschaft auf ihre Versuche verwendete,
h verschiedene Hindernisse zurück, wodurch die
g des Widerstandes erschwert wurde, wohin
Reibung des Seiles im Wasser gehörte. Um
iden, stellte Jos. Walker[1] eine Reihe von Ver-
rozu er ein Bassin der Ostindien-Docks von
e, 560 F. Weite und 24 F. Tiefe wählte. Er
uf die glückliche Idee, die zur Bewegung der
chiedenen Geschwindigkeiten erforderliche Kraft
Federwaage (eines *Dynamometers*[2]), woran das
Zugseiles befestigt war, unmittelbar zu messen,
ndere Ende vermittelst einer Winde, einer Art
gen wurde. Die Geschwindigkeiten wurden aus
hnet, während welcher die Boote einen Raum
durchliefen; um aber gleichmäfsige Geschwin-
lten, betrug die ganze Strecke doppelt so viel,
r die mittleren, durch zwei Zeichen abgesteckten,
Rechnung kamen. Zur Erreichung einer gleich-
windigkeit diente ein Pendel von verschiedener
es die Arbeiter vor Augen hatten und nach des-
gen sie die Zahl der Umdrehungen abmafsen.

[1] Trans. 1828. P. I. p. 15. Edinburgh Journ. of Science.

[2] *Dynamometer*. Bd. II. S. 715.

Ohne die Tabellen aufzunehmen
sultate zusammengestellt worden sind
wesentlichsten Resultate anzugeben.
Geschwindigkeiten zeigte sich der W
der Geschwindigkeit proportional,
darüber hinaus. Als Ursache hierv
Wassers vor dem Körper und das Zu
ter ihm zu betrachten, und diese W
ringeren Geschwindigkeiten nicht wa
grofsem praktischen Interesse sind d
welche angestellt wurden, um die K
durch Lasten mit ungleichen Gesch
und auf waagerechten *Eisenbahnen*
einer Geschwindigkeit von 2,5 engl.
3,44 Par. F. in 1 Sec. erfordern 30 To
nicht mehr Kraft, als 7,5 Tonnen auf
Theorie vom quadratischen Verhältni
den bei der doppelten Geschwindigk
beide Kräfte einander nahe gleich s
aber tritt diese Gleichheit bei einer
niger als 4 Meilen in 1 Stunde od
schon ein. Hieraus ergiebt sich der
Eisenbahnen für schnelle Bewegung
portes für langsame.

36) Die jüngsten Versuche dürft
welche GEORGE RENNIE[1] im Jahre 1
denselben diente eine Wirbelmaschin
durch ROBINS angewandte, ohne son
dafs die den Widerstand leistenden
unteren Ende der drehbaren Spindel an
ins Wasser herabgesenkt zu werden u
ser Flüssigkeit zu messen. Mittelst
tung, indem unten an der Spindel ein
der Axen zusammenfallend, aufgeste
Wasser durch Schnur und Gewicht u
zugleich die Reibung des Wassers;
auf keine Weise Empfehlung verdien
dingungen in kurzer Zeit, noch ehe

1 Philos. Trans. 1831. P. II. p. 423.

a erreichen steht, das Wasser selbst in eine
gung geräth, welche bei späterer langsamerer
Cylinders sogar eine negative Reibung geben
in bedarf es nur sehr einfacher Vorrichtungen,
solchen, deren sich WALKER zur Ermittelung
s bediente, um die *Reibung* oder Adhäsion
festen Körpern, die auf seiner Oberfläche mit
windigkeiten fortgezogen werden, bis zu ge-
gkeit zu bestimmen. Inzwischen soll als all-
t aus diesen Versuchen hervorgehn, dafs die
dhäsion des Wassers an festen Körpern für
digkeiten dem Verhältnifs der Gröfse der Flä-
nt, bei gröfseren Geschwindigkeiten aber eine
chen von keinem merkbaren Einflusse ist. Eine
n Versuchen mit anders gestalteten Körpern
eringen Geschwindigkeiten keine den Flächen
e Zunahme der Reibung, indem sie vielmehr
on 1:3 statt von 1:4 wuchs. Die Vermeh-
ndigkeit zeigte auch hierbei keine Vermehrung
he übereinstimmend mit dem Resultate, wel-
haft für Beförderung der Schiffbaukunst ge-
nach vielmehr eine mit der Zunahme der Ge-
ehmende Reibung statt finden soll. Diesem-
NIE, dafs die Blänke des Kupfers der Schiffe
nicht von der Reibung, sondern von andern
, die man vielleicht in dem stets erneuerten
klebenden Schmuzes finden könnte.

für die Versuche über den Widerstand der
ssers die einzelnen Gröfsen, namentlich die
schwindigkeiten, die Gestalten und die Di-
brauchten Körper in Tabellen zusammenge-
hlen zugleich zu viele anderweitige specielle
dafs es möglich seyn sollte, genaue Resul-
ten. Hier möge es daher genügen, nur dieje-
anzugeben, welche RENNIE selbst daraus ab-
ollen sich die Widerstände sowohl gegen Luft,
asser wie die Quadrate der Geschwindigkei-
rner ist das Verhältnifs der Widerstände ge-
Scheiben, quadratische Platten und Kugeln bei
r Flächen gegen Luft wie 25,180:22,010:10,627,

gegen Wasser aber wie 1,18:1,36:0,
das Verhältnifs des Widerstandes gege

bei kreisförmigen Scheibe
bei quadratischen Platten
bei hölzernen Kugeln

Die absolute Richtigkeit dieser Bestimm
lich verbürgen lassen.

37) Die Versuche der schwedis
HIELM, FORSELLES und KALLSTENIU
gen in den Jahren 1811 bis 1815 zu
verdienen noch eine nähere Betrachtu
Wasser fallen zu lassen, bedienten
gestellten parallelepipedischen Gefäfses
Höhe und 1 F. 7 Z. Seite, in welc
Centrum der herabfallenden Körper u
einander gegenüber stehende Gläser e
Ankunft der fallenden Körper an bei
ihres Fallens bis dahin zu beobachten
in einen Rahmen ausgespanntes Net
herausgezogen werden konnte, um di
lichen Körpern zu wiederholen. Da
ches der Beobachter sah, hatte nur di
gegenüber befindliche war ein Rechte
0,07 F. Höhe, wonach also ein gese
Axe des Gefäfses gefallen seyn un
schrieben haben mufste, was zur ge
raumes in der gegebenen Zeit nothwe
Beobachtung nur dann für gelungen,
den Körper gesehn hatten. Für d
waren oben 7,8 Fufs tief noch zwei
angewandten Körper waren meistens
beim Fallen keine Drehung erleiden
dem glatten Abdrehn mit Firnifs überz

---

1 Auszüge aus dem grofsen Werke
W. PFAFF findet man in Kastner's Archiv.
suche sind genau beschrieben in zwei
Sprache, und aufserdem findet man die
Tentamen theoriae resistentiae fluidorum
beiden Werke konnte ich zu Gesicht beko

esenkt, wodurch ihr Schwerpunct nach unten gerichtet
man sie oben bezeichnen konnte. Daselbst wurde
Oehr von einem kleinen Bleche mit Siegellack befe-
Faden hindurch gezogen und dieser abgeschnitten;
ber fand, dafs die Zeitmessung ebenso genau war,
sie blofs mit den Fingern fafste und losliefs, so
Fäden weg. Die Kugeln waren von Zinn, hohl
eniger als 0,01 F. Metalldicke, die hölzernen wur-
t Leinöl getränkt, dann mit Bernsteinfirnifs über-
Durchmesser und specifischen Gewichte genau be-
ıfserdem gebrauchten sie einen Cylinder von Holz,
s Höhe und 0,184 F. Durchmesser, auf dessen eine
Kegel mit einem Winkel von 26° gesetzt war; auf
befand sich eine Scheibe, die man nicht gröfser als
im Durchmesser erhalten konnte, oder ein Kegel,
kel 52° betrug. Hiermit wurden die Versuche Nr.
gemacht. Um die Abweichung der Falllinie von
Gefäfses zu vermeiden, wurde durch die eine der
Loch gebohrt, eine messingne Röhre eingesetzt und
des Gefäfses eine Claviersaite ausgespannt, an wel-
gel herabfiel; allein dieses war wegen zu grofser
ınlich, wie der Versuch 6(a) zeigt. Die fol-
giebt eine Uebersicht der erhaltenen mittleren Re-

spec. Gewicht	Durchmesser	Fallzeit in Secunden durch 15,8 Fufs	26,4 Fufs
,6344	0,29594	4	7
,3960	0,28708	5,357	9,055
,1740	0,28432	9	14
,1397	0,28432	10,25	15,75
,0581	0,28948	15,25	24,75
,0653	0,28948	16,58	26,85
,0653	0,28948	14,57	24,14
,07135	0,39844	12,66	21,66
,1247	0,20326	12	19,33
,0889	0,100337	17,2	29
,4021	0,100337	9,125	15,5

		7,8 Fufs	15,8 Fufs	26,4 Fufs
,34496	0,17967	2,25	5	8,6
,1899	0,17455	2,6	6	9,25

Unter diesen Beobachtungen sollen
züglich genau seyn.

38) Zuerst ist die Frage zu be
zwischen 15,8 und 26,4 Fufs mit
schwindigkeit durchlaufen worden sey.
wenn man den ersten Versuch zum
die Proportion bildet: 15,8 F.: 26,4
Beobachtung giebt 7 Sec., wonac
schleunigung statt findet. Alle nac
gleichmäfsigen Bewegung berechnete
Gröfsen.

Nr.	Fallzeit berech–net	beob-achte
1	6,7	7
2	8,96	9,0
3	15,0	14
4	17,1	15,7
5	25,4	24,7
6 (a)	27,7	26,8
6 (b)	24,4	24,1
7	21,2	21,7
8	20,0	19,3
9	28,7	29
10	15,3	15,5

Hieraus geht allerdings eine gering
allein sie ist so unbedeutend, dafs
Recht als gleichmäfsig betrachten ka
die Beobachter zu dem Resultate,
Durchmesser 4mal so grofs ist, als
Körpers, einen *bedeutenden Einflu*
habe, welcher verschwindet, wenn j
grofs wird.

39) Aus theoretischen Gründen
cher die Versuche geleitet und beaufs
Widerstand durch zwei Ursachen e
aus dem Gegendrucke der Flüssigkeit
zweite aus der Adhäsion, Reibung u
herrühre, die dann beide als Functi

trachten seyen. Nennt man v die Geschwindigkeit in
edischem Fufsmafs, s die Oberfläche oder die Basis des
ten Körpers, m das Gewicht eines Kubikfufses Wasser
den schwedischen zu 61,467 schwedische ℔. angenom-
und g den Fallraum in 1 Sec. (für Upsala durch Cel-
16,534 schwedischen Fufs bestimmt), so ist, wenn P
diese beiden Theile des Widerstandes bezeichnen:

$$P+F=ms\frac{v^2}{4g}+msf\frac{v^3}{4g},$$

durch Versuche zu bestimmen ist. Der Versuch Nr. 8
ser Formel berechnet gab den Widerstand

$$W=\tfrac{5}{12}ms\frac{v^2}{4g}+\tfrac{1}{12}0{,}9768\frac{v^3}{4g}.$$

nauere Uebereinstimmung gab aber der Versuch Nr. 12,
die Reibung unabhängig von der Geschwindigkeit be-
wurde, wonach der ohnehin durch anderweitige Erfah-
bestätigte Satz als begründet erscheint, dafs *die Rei-*
der Geschwindigkeit unabhängig sey. Wird dieses
men, so läfst sich der Widerstand nach der einfachen

$$W=ms\frac{v^2}{4g}$$

Fläche und

$$W=0{,}5ms\frac{v^2}{4g}$$

Kugel berechnen. Der Versuch Nr. 8 gab den Factor
für die Kugel und der Versuch Nr. 12 für den Kegel
, verschiedene andere = 0,46, wonach also 0,5 als
hert gelten kann. Hierdurch wäre also der Satz, dafs
ton's Gesetz der Widerstand dem Quadrate der Ge-
keit proportional sey, bestätigt; allein man darf dabei
essen, dafs im vorliegenden Falle nur mit geringen
igkeiten experimentirt wurde, wobei allerdings dieses
wendung findet, bei gröfseren giebt aber die Erfah-
eichungen von demselben.

Die bis jetzt angegebenen Versuche können wohl, nur
ugabe zu den weit zahlreicheren betrachtet werden,
e nämlichen Gelehrten unter der Leitung Nordmark's
Teiche unweit Fahlun über den Widerstand des

Wassers gegen horizontal bewegte K
Bewegung wurde durch Gewichte erze
Höhe herabhingen, die Zeit aber mit
messen, jenes ein hierbei meistens ang
ches aber der von WALKER gewählte
mittelst eines Dynamometers bedeuten
des Bassins betrug bei einer Breite vo
von 3 bis 5 Ellen im Ganzen 184 Fu
F. benutzt wurden, weil die bewegte
Laufes angehalten werden mufsten, u
schinerie zu stofsen. Von den 150 F
Fufs unbeachtet, weil die Körper be
eine gleichmäfsige Geschwindigkeit an
übrigen wurden von 25 zu 25 Fufs Se
serfläche ausgespannt, und ein Beobac
gewisser Punct der Körper bei ihnen
gen sehr sinnreich construirten Vorrich
dafs die angewandten Körper sich ga
che des Wassers bewegten, um all
aufzuheben. Die gröfsten Schwierigk
stimmung der Reibung der Maschine
Experimentatoren alle Bedingungen s
Prüfungen so oft und unter so ve
angestellt, dafs man in die Richtigkei
volles Vertrauen setzen kann. Die
brauchten Boote betrug 32, es ist abe
sie bezeichnende Nummer anzugeben,
übergangene Beschreibung ihrer Dime

41) Nach der angegebenen Form
das Newton'sche Gesetz gegründet ist,
stand mit Rücksicht auf die Gestalt
Hintertheils

$$W = m s \frac{v^2}{4g} \text{Sin.}^2 u + m s$$

Die folgende Tabelle enthält eine Zu
nach berechneten und der durch Erfah

---

1 S. Ebendaselbst. Th. X. S. 79.

Winkel des Vordertheils	Zeit zu 25 Fuſs	P	F	Widerstand Theorie	Widerstand Versuch	Unterschied
12° 12′	10	1,25	5,86	7,11	8,99	— 1,88
	16,5	0,47	1,30	1,77	2,68	— 0,91
	10,25	1,22	5,44	6,66	6,62	+ 0,04
	8,5	1,78	9,54	11,32	11,41	— 0,09
	7	2,62	17,08	19,70	15,60	+ 4,10
	6	3,56	27,13	30,69	19,73	+ 10,96
13 18	17,5	0,41	0,88	1,29	2,89	— 1,60
	20,25	0,30	0,57	0,87	1,76	— 0,89
	11,25	0,97	3,31	4,28	5,79	— 1,51
	8,25	1,81	8,39	10,16	10,20	+ 0,04
	7	2,52	13,71	16,23	14,50	+ 1,73
	6,25	3,16	19,30	22,46	19,10	+ 3,31
13 18 50	17,75	0,39	0,84	1,23	1,95	— 0,72
	11,00	1,02	3,54	4,56	5,98	— 1,42
	8,5	1,71	7,66	9,37	10,36	— 0,99
	10	1,23	4,71	5,94	6,09	— 0,15
	17,5	0,40	0,88	1,28	2,71	— 1,43
	10,75	1,07	3,79	4,86	7,03	— 2,17
13 20 40	10,5	1,13	4,07	5,20	5,64	— 0,44
	8	1,94	9,21	11,15	9,83	+ 1,32
13 20 40	16,75	0,44	1,01	1,45	2,43	— 0,98
	11	1,03	3,54	4,57	6,70	— 2,15
13 21 20	12,5	0,28	2,40	3,22	2,48	+ 0,74
	7,5	2,27	11,11	13,38	6,12	+ 7,26
	6	3,54	21,71	25,25	9,31	+ 15,94
	5,25	4,63	32,37	37,00	13,45	+ 23,55
	4,75	5,65	43,75	49,40	17,18	+ 32,23
	12	0,90	2,96	3,59	2,53	+ 1,06
	8	2,02	9,08	11,10	6,53	+ 4,57
	6,75	2,84	15,21	17,96	11,25	+ 6,71
	5,5	4,28	27,95	32,23	15,54	+ 16,69
	5	5,18	37,21	42,39	19,89	+ 22,50
13 21 23	15,5	0,52	1,26	1,78	2,02	— 0,24
	9,75	1,31	5,08	6,59	5,94	+ 0,45
	7,75	2,07	10,11	12,18	10,46	+ 1,72
	6,75	2,72	15,30	18,02	14,34	+ 3,63
	5,75	3,75	24,78	28,53	18,56	+ 9,97
13 24 10	17,5	0,42	0,89	1,31	3,08	— 1,77
	16,5	0,47	1,06	1,53	3,05	— 1,52
	10	1,27	4,78	6,05	7,21	— 1,16
	8	1,98	9,33	11,31	11,51	— 0,20
	7,75	2,11	10,26	12,37	12,01	+ 0,36
	6,75	2,56	13,63	16,19	16,55	— 0,36
	15,5	0,53	1,28	1,81	2,81	— 1,00

Winkel des Vordertheils	Zeit zu 25 Fufs	P	F	W The ri
13°24'10"	10,25	1,21	4,44	5,6
	8	1,98	9,33	11,3
13 25 40	18	0,39	0,81	1,2
	10,75	1,10	3,82	4,9
13 28 20	15	0,57	1,41	1,9
	9,75	1,34	5,13	6,4
	7,75	2,13	10,21	12,3
	15,5	0,53	1,26	1,7
	10,25	1,20	4,37	5,5
13 28 40	15,5	0,54	1,30	1,8
	11,5	0,98	3,18	4,1
	8,75	1,70	7,21	8,9
	7,5	2,31	11,46	13,7
	6,5	3,08	17,60	20,6
	17	0,45	0,98	1,4
	10,25	1,24	4,49	5,7
	7,75	2,17	10,38	12,5
	6,5	3,08	17,60	20,6
	5,5	4,30	29,05	33,3
13 28 50	16,75	0,46	1,01	1,4
	10	1,28	4,78	6,0
	7,75	2,14	10,27	12,4
	6,5	3,04	17,40	20,4
	6	3,75	22,12	25,6
13 29 10	17,75	0,40	0,84	1,2
	10,5	1,15	3,96	5,1
13 30 20	16,75	0,45	1,01	1,4
	9,75	1,35	5,11	6,4
	7,75	2,13	10,18	12,3
	6,5	3,03	17,25	20,2
	5,5	4,23	28,47	32,7

42) Aus dieser Zusammenstellun
dene Sätze. Zuerst stimmt die Th
vollkommen überein für Geschwindigk
in 1 Secunde bei stumpfen Hintertheil
die Theorie im Allgemeinen für geri
einen zu kleinen und für gröfsere ei
stand, wenn die Hintertheile der Boot
aber giebt die Theorie den Widerstand z
tertheil der Bootè spitz ist. Hierbei fr
Abweichung der Theorie von der Er

dem zweiten Gliede der Formel hervorgeht. Um dieses mitteln, konnten diejenigen Versuche benutzt werden, die ngekehrten Booten, das flache Hintertheil voran, oder gens hierzu erbaueten, an der Vorderseite flachen, an- wurden. In diesen Fällen wird $u = 90°$, mithin fällt eite Glied der Formel weg und sie verwandelt sich in fache Newton'sche, wonach

$$W = m s \frac{v^2}{4g}$$

Die folgende Tabelle zeigt die Zusammenstellung der hier- berechneten und der durch Erfahrung gefundenen Werthe.

Winkel des Hintertheils	Zeit zu 25 Sec.	Widerstand Theorie	Widerstand Versuch	Unterschied
12° 12′	11	23,76	19,17	+ 4,59
	24,75	4,69	3,10	1,59
	16	11,23	7,57	3,66
	12,5	18,40	12,38	6,02
	10,75	24,88	16,81	8,07
	9,5	31,86	21,33	10,53
13 30 20	25	3,77	3,21	0,56
	15,25	10,13	7,62	2,51
	11,75	17,06	12,37	4,69
	10	23,56	16,96	6,60
	8,75	30,77	21,80	8,97
20 8 40	21,3	5,14	3,03	2,11
	13,8	12,24	7,40	4,84
	11,3	18,26	12,27	5,99
	10	23,32	16,92	6,40
	8,75	30,45	21,76	8,69
52 5 10	24,7	3,87	3,27	0,60
	16,5	8,66	7,80	0,86
	13	13,95	12,64	1,31
	11,25	18,64	17,34	1,30
	9,75	24,81	22,08	2,73
90 — —	21	4,07	3,14	0,93
	14,2	8,91	7,62	1,29
	11,3	14,08	12,46	1,62
	10	17,98	17,08	0,90
	8,75	23,48	21,94	1,54

43) Es ergiebt sich aus dieser V
Theorie den Widerstand zu grofs giebt,
zunächst sich aufdringende Frage, ob ü
sche Gesetz zulässig und der Widerst
Geschwindigkeit proportional zu setzen s
ten hierüber angestellte Berechnungen,
dings annehmen könne, und dafs es dal
einen durch die Erfahrung zu bestimmer
zuführen und

$$W = q\,m\,s\,\frac{v^2}{4g}$$

für den geraden Widerstand auzunehmen
der Erfahrung in Einklang zu bringen.
stante fand sich sehr genähert = 0,67
für den Fall gültig, wenn der Hintert
aller Widerstand dagegen verschwindet,
dafs die Theorie nothwendig auch hier
müsse.

Endlich fanden die schwedischen
stand gegen den Cylinder

$$W' = 0{,}907\,m\,s\,\frac{v^2}{4g}$$

und für den Kubus

$$W'' = 0{,}83\,m\,s\,\frac{v^2}{4g}$$

Diese Bestimmung kommt sehr genau mi
zösischen Gelehrten erhaltenen überein,
von der durch Beaufoy gefundenen, nä

44) Die Bemühungen einiger ande
Lösung dieses Problems verdienen gleic
erwähnt zu werden. Dahin gehören vor
mehrend zahlreichen Versuche, welche B
1802 auf dem Michaelisthurme zu Hambu

---

1 Vorläufige Nachrichten über diese Ver
Intelligenzblatt der allgem. Litteraturzeitung
gaz. Th. IV. S. 692. G. XII. 369. XIV. 225
tat angegeben findet, dafs das Newton'sche G
Fallgeschwindigkeit bedeutend von der Erfa

aber in einem Schachte der Schleebuscher Gewerkschaft in Grafschaft Mark wiederholte[1], und deren Resultate er in eigenen ausführlichen Schrift[2] bekannt machte. Bei den en untersuchte er absichtlich den Widerstand der Luft, n er Bleikugeln im Mittel von 1,46 Par. Zoll Durchmesser verschiedenen Höhen herabfallen liefs und das Zeitinter- wischen dem Anfange des Fallens und dem Ankommen halles mittelst einer Tertienuhr mafs, wobei dann nach des constanten Fehlers des Sinnes der Unterschied zwi- der berechneten und der gemessenen Fallhöhe den Wi- nd der Luft geben mufste. Der constante Fehler des Sin- rde zu 3,7 Tertien, die Geschwindigkeit des Schalles 38 Par. Fufs angenommen, die ungleichen Fallhöhen 24,8, 67,7, 144, 234,4, 240 und 321 Par. Fufs, die he selbst wurden mehrere Tage nach einander wieder- Es stand auch eine Fallhöhe von 340 F. zu Gebote, al- e Versuche waren hierbei so unsicher, dafs nur etwa der Theil für gelungen gelten konnte. Den Schall der auf- nden Kugeln hörte man wegen des Rauschens des Win- d des städtischen Lärmens in dieser Höhe nicht, der t der Ankunft mufste daher aus dem Aufspringen der entnommen werden. Benzenberg folgert aus diesen hen, dafs bis zu einer Fallhöhe von 144 Fufs oder bis schwindigkeit von 91 Fufs in 1 Sec. das Newton'sche des den Quadraten der Geschwindigkeit proportionalen tandes recht gut zu der Erfahrung passe, statt dafs bei fs Fallhöhe oder 127 Fufs Fallgeschwindigkeit in 1 Sec. it gröfserer statt finde. Die folgende Tabelle macht die- chsenden Unterschied anschaulich.

---

[1] Fufs Fallhöhe für 1,5 zollige Bleikugeln um die Hälfte zu ge- orthe giebt.

[2] G. XVII. 476.

Versuche über das Gesetz des Falls, über den Widerstand der l über die Umdrehung der Erde. Dortm. 1804. 8.

Fallhöhe	Fallzeit Vers.	Re
24,8 Fufs	1″ 17‴,08	1″ 1
67,7 —	2 8,77	2
144,0 —	3 6,95	3
234,4 —	4 1,05	3
240,0 —	4 3,70	4
321,0 —	4 48,30	4
340,0 —	5 0,00	4

Von unbedeutendem Einflusse ist, v
werden möge, dafs nicht alle Kugeln
dem ihr Durchmesser im Mittel 1,56
kleinsten aber 1,48 und der der gröfste
derstand der Luft gegen fallendes Wa
durch Versuche geprüft wurde, woll
Erörterungen einlassen.

45) Brandes[1] unterwarf die sä
genauen Berechnung, allein es schein
diese hier mitzutheilen; denn obgleich
gant ist, so müfsten doch die constan
die Geschwindigkeit des Falles und di
Schalles in 1 Sec., nach den neuesten
näher bestimmt werden, wenn man au
genauen Resultaten gelangen wollte.
ohne Einfluſs auf die Bestimmung des
welcher auf folgende Weise gefunden
giebt die Berechnung des Falles im le
der Luft 48‴,86, und da die Beobachtu
jener Fehler = 3‴,67 oder in runder
meines Resultat geht aus diesen Versu
von Robins, Hutton und Andern he
sche Gesetz vom den Quadraten der
portionalen Widerstande zwar für g
grofse und hauptsächlich sehr grofse G

46) Endlich dürfen die Versuche
den, welche der ebenso gelehrte als so

1 A. a. O. S. 194 ff.

irr.[1] angestellt hat, um den Widerstand der Luft aufzu-
n. Die Maschine, deren er sich hierzu bediente, bestand Fig. 200.
Wesentlichen aus einem mit Papier überzogenen Rahmen,
i papiernen Schirme mnop, welcher mittelst der am
fg befindlichen Schraube und kleiner hölzerner Stifte,
i m und n horizontal, dazwischen aber vertical einge-
t waren, unbeweglich auf dem Cylinder AB fest safs,
sich der Rand mn des Rahmens genau in der Axe des
lers befand. Die beiden stählernen Spitzen a und b lie-
den Vertiefungen zweier Messingstücke, welche in die
hervorstehenden Arme eines Gestelles eingesenkt waren,
beweglich fest angeschraubt durch eine Schraube nur
von einander entfernt werden konnten, um die Spitzen
in die Vertiefungen zu bringen und sie durch An-
der Schraube bei leichtester Beweglichkeit gegen das
fallen zu sichern. Zur Herstellung des Gleichgewichts
dem hölzernen Stabe fg ein Loch gebohrt, und dieses
ner Bleimasse ausgefüllt, die gerade hinreichte, den
in jeder Lage stillstehend zu erhalten. Um das längere
es Cylinders war eine Schnur geschlungen, an welcher
hale mit Gewichten hing, die durch ihr Herabfallen die
ung der Walze mit ihrem Schirme bewirkte. Zur Com-
g des beim Fallen des Gewichtes sich vom Cylinder
denden Fadens diente die bekannte Methode, am unteren
der Schale einen gleichen Faden von der Länge der
e zu befestigen, welcher sich um ebenso viel auf dem
nhäufte, als vom Cylinder abgewickelt wurde; die
h in Folge verringerten Druckes auf die Walze ver-
Reibung konnte als zu gering unbeachtet bleiben, da
richt des aufgehäuften Fadens in den ersten Versuchen
Quentchen betrug. Da ferner dieses Stück Blei dem
er überzogenen Rahmen das Gleichgewicht hielt, so
der Axe der Walze näher gerückt werden müssen,
as Papier fehlte; statt dessen diente aber ein Stück Blei,
am Rahmen befestigt wurde, um das Gleichgewicht
herzustellen. Wegen der Ausdehnung des Fadens durch
e Gewichte und der hierdurch veränderten Menge der
des Cylinders um seine Axe ward die Länge des

[1] XXIII. 129.

Fadens vor jedem Versuche der Fal
stets gleichgemacht. War der Rahm
so trat Gleichförmigkeit der Bewegu
Umläufen ein, beim nicht überzogener
es wurden daher von den der Fallhö
drehungen die ersten 21 nicht mit ge
fange der 22sten losgelassenes halbes
die Zeit der letzten 20 Umdrehungen
an, wo das Gewicht auf das unten
ohne hierbei jedoch die Zeit zu beac
zum Durchlaufen der 30 Fufs Fallhöh

War der Rahmen mit der Papie
wirkte ein Gewicht P die letzten 20
wurde hierdurch der Widerstand gege
men und die hölzerne Handhabe, un
überwunden. Um den Widerstand g
lein zu erhalten, diente ein genau ab
Q, welches durch die Walze gehob
Apparat nach Wegnahme des Papiers
die letzten 20 Umdrehungen vollend
Reihe von Versuchen diente ein seh
die Kugel des Pendels festzuhalten
der letzten 20 Umdrehungen loszula
schärfere Zeitbestimmung zu erhalten.

Mit Uebergehung der ausführlich
Corrigirung der unmittelbar gefunden
aus diesen den eigentlichen Widerstan
ben wir hier nur die aus beiden
Endresultate, unter denen die Bestim
gen Flüssigkeitssäule, welche durch
Fall einen dem Widerstande gleiche
bene Fläche erzeugen würde, am w
genden Tabellen geben eine Uebersich
Gröfsen.

Erste Versuchsreihe.

Geschwind. in Fufs	Werthe in Lothen von Q′	von R	Höhen-coefficient
2,8377	4,6074	0,8885	3,7514
3,0820	5,4664	1,0541	3,7732
3,3055	6,4656	1,2468	3,8798
3,5140	7,3047	1,4087	3,8787
3,7413	8,1667	1,5749	3,8255
4,6135	12,6099	2,4317	3,8844
5,3145	16,8940	3,2579	3,9219
5,9683	21,2959	4,1068	3,9200
6,5109	25,1393	4,8461	3,8859
6,9954	28,8152	5,5569	3,8610
7,4827	32,9454	6,3534	3,8582
7,8744	37,0395	7,1429	3,9168

Mittlerer Höhencoefficient = 3,8637.

Zweite Versuchsreihe.

Geschwind. in Fufs	Werthe in Lothen von Q′	von R	Höhen-coefficient
8,7616	43,5606	8,4411	3,7387
9,2158	47,6590	9,2352	3,6972
9,5554	52,1211	10,0999	3,7611
10,0268	56,3113	10,9119	3,6903
10,3725	60,4845	11,7205	3,7040
10,7430	64,4007	12,4792	3,6765
10,9463	69,0192	13,3744	4,7952

Mittlerer Höhencoefficient = 3,7232.

s mittleres Resultat geht aus allen diesen, unter sich abweichenden Gröfsen hervor, dafs der Widerstand der gen eine dünne Platte mit parallelen Flächen dem Ge- einer Luftsäule von der nämlichen Basis und der 3,7931- der Geschwindigkeit, womit die Platte bewegt wird, igen Höhe gleich ist, oder $R = 3{,}7931\,h.a.q$, wenn Höhe, a den Flächeninhalt und q das Gewicht eines ufses Luft bezeichnet. Prechtl verkennt nicht, dafs diese mung bedeutend von der früheren Annahme abweicht, der Factor von $h = 2$ oder nach Einigen sogar nur $= 1$ oll, und er sucht daher die Ursachen auf, woraus dieser

Unterschied entstehn mag. Dabei ver
selbst, dafs der Coefficient von h
könne, weil nur durch die doppelte
schwindigkeit erhalten wird, welche
zugehört, wie auch Newton annahm
dene Factor aber fast doppelt so grof
ihm aus folgenden Gründen abgeleite
dem Stofse der Flüssigkeiten gegen ru
lich aus dem des Wassers entnommen
blofs die Kräfte des bewegten Wass
stande aber mufs nicht nur die bew
Bahn liegenden Theile der Flüssigkeit
schwindigkeit vor sich her treiben, so
(oder Adhäsion) der hinter der Fläche
theilchen unter sich und mit der So
Gröfse schätzt Prechtl der Hälfte de
vordere Fläche proportional, wonach
h = 3 werden würde. Hierzu komm
gedrängte Luft nicht sofort entweichen
und verdichtet wird. Betrüge die V
der vorhandenen Dichtigkeit, so wü
und R daher 4h proportional seyn.
hierbei mitwirkenden Bedingungen li
Flüssigkeit nicht völlig mit einer and
der für die eine gefundenen Gröfse n
schliefsen. Prechtl folgert hieraus f
sche Gesetz, wonach der Widerstand
schwindigkeit proportional seyn soll,
weil dasselbe nicht mit der Luftverdi
Fläche, noch mit der hieraus entstehe
im Verhältnifs stehen könne. Nur
dieser Elemente wird es möglich seyn
des Widerstandes für verschiedene Fl
Geschwindigkeiten aufzufinden und dur
mel auszudrücken.

47) Bei zwei früheren Untersuchung

---

1 Im Art. *Wind* §. 115 wird gezeigt
pelte Höhe nicht genügt, um die durch Erf
Windstofses zu erklären.

Widerstandes der Mittel so unmittelbar und wesentlich zur
s, dafs zwar der gewählten Anordnung gemäfs die Auf-
dort nicht mit der diesem Werke anpassenden Vollstän-
it abgehandelt werden konnte, was dem vorstehenden Ar-
vorbehalten bleiben mufste, dennoch aber in ihrer Wesen-
Berücksichtigung verdiente. In Betreff der ersten Unter-
g, nämlich über den Einfluſs des Luftwiderstandes auf
hn *der Geschützkugeln*, ist das Nöthigste bereits erör-
rden[1], und ich verweise nur in Beziehung auf die Kugel-
n Allgemeinen auf eine seitdem erschienene gehaltreiche
lung von Androssy[2], aufserdem aber verdient in näch-
ehung auf den Widerstand gegen Geschützkugeln eine
hoblem behandelnde gelehrte Abhandlung von J. C. E.
r[3] nicht blofs Berücksichtigung, sondern auch Mitthei-
s gefundenen wesentlichsten Resultates. Schmidt sucht
sche der mangelnden Uebereinstimmung zwischen der
des den Quadraten der Geschwindigkeiten proportio-
Widerstandes und der Erfahrung hauptsächlich in der
ung, welche die Luft vor den bewegten Körpern erlei-
l versucht es daher, diese mit in den Calcül aufzu-

Sofern sich diese Verdichtung aber nur in geringe
gen von den Körpern erstrecken soll, mufs es erlaubt
h auf ähnliche Weise als die Wirkungen der Mole-
le zu behandeln. Den oben sogenannten *Minuswider-*
er den Druck auf die hintere Seite des bewegten Kör-
t er im Mittel dem atmosphärischen Luftdrucke gleich,
Zusatze, dafs dieses auch mit den Resultaten der Er-
bereinstimme, obgleich er es im Allgemeinen für un-
hält, die mannigfaltigen Bewegungen und Stöfse der
der Rückseite der Körper analytisch zu entwickeln.
ich aber gegen jene Annahme der allerdings gegründete
machen, dafs nothwendig hinter dem Körper auf
Weise eine Verdünnung der Luft statt finden müsse,
enselben Verdichtung. Nach seinen analytischen Un-

Art. *Ballistik*. Bd. I. S. 728 u. 742.

rie für des projectiles creux. In Mém. de l'Acad. de l'Inst.
877.

torie des Widerstandes der Luft bei der Bewegung der Kör-
1831. Vergl. Fechner's Repertorium Bd. I. S. 85.

tersuchungen findet Schmidt den Wid
gen eine Kugel

$$W = \pi p r^2 w \left\{ \frac{e^q - (q+1)}{q} \right\}$$

wenn π die bekannte Ludolph'sche
p die Höhe einer dem Drucke der Lu
tenden Quecksilbersäule in Metern, w
bikmeters Quecksilber, v die Geschw
Metern während einer Zeitsecunde b

angenommen wird. Hierin ist k =

wenn g den doppelten einer Zeitsecu
in Metern, Π das Gewicht der Einhe
0° Temperatur und unter dem Druc
von der Höhe η, ω das Gewicht d
Quecksilber und t die Grade des hu
ters bezeichnen. Da die hierin vo
kannt sind, und aufserdem Π sich z
wird hiernach k = 78319 (1 + 0,
sac's bekannter Bestimmung genomm
gegen einen Cylinder, dessen geom
seiner Bewegung liegt, wird durch f

$$W' = \pi p r^2 w (e^q - 1)$$

Wenn man diese Formeln in Reihen

$$W = \pi p r^2 w \left(\frac{q}{2} + \frac{q^2}{1.2.3} + \frac{}{1.} \right.$$

und

$$W' = \pi p r^2 w \left(\frac{q}{1} + \frac{q^2}{1.2.3} + \frac{}{1.} \right.$$

woraus sich ergiebt, dafs für kleine
denen die höheren Potenzen von q v
nen, der Widerstand gegen die Ku
gegen einen Cylinder von gleichem H
sehr nahe mit der Erfahrung überein.
dungen, z. B. über die Verhältnisse
und der ihnen zugehörigen Geschwin
von seiner Formel macht, und wod

, die mit den von HUTTON mittelst seines ballistischen
ls gefundenen sehr nahe übereinstimmen, glaube ich hier
ihn zu können.

8) *Das* zweite Problem, wobei der Widerstand der Luft
ndig erörtert werden mufste, betraf die *Reduction des*
auf den leeren Raum[1], um die absolute Länge des
n Secundenpendels mit völliger Genauigkeit zu finden.
mir nur zwei Untersuchungen bekannt geworden, wel-
h hierauf beziehn, nämlich die Versuche von BAILY[2]
e theoretische Lösung des Problems durch CHALLIS[3];
ere hat sich nicht begnügt, den Widerstand der Luft
s Pendel allein zu untersuchen, sondern er unterwirft
fe der Bestimmung des einfachen Secundenpendels
pt, namentlich auch in Beziehung auf den Einfluss der
hpeide und der Gröfse der Schwingungsbogen, einer
Revision, wodurch er dann zu dem Resultate gelangt,
bisherigen Messungen immerhin noch keine genügende
it gewähren. In Beziehung auf BESSEL's Untersuchun-
2 Zoll im Durchmesser haltenden Kugeln von Messing
nbein, also von ungleichem specifischem Gewichte und
n Drähten hängend, wählte BAILY diese gleichfalls,
nerst in der Luft schwingen, dann in einem Vacuum,
em absoluten sehr nahe kam, und folgerte aus den
Gröfsen, dafs die früher angenommene Correction mit
ständigen Factor = n multiplicirt werden müsse. Für
n dünnen Metalldrähten aufgehangen fand er n = 1,95.
icht zufrieden dehnte er seine Versuche auch auf Pen-
nderer Gestalt und aus sonstigen Körpern bestehend
eine Platinkugel von 1,44 Z. Durchmesser, nach DE
Methode an einem feinen Metallfaden aufgehangen,
= 1,88, und als er diese Kugel mit andern von
Durchmesser, aber aus Blei, Messing und Elfenbein,
, erhielt er nahe gleiche Resultate, im Mittel n = 1,86.
Anwendung von Kugeln, wie die von BESSEL ge-
, aber aus Blei, Messing und Elfenbein, fand er

---

rt. *Pendel.* Bd. VII. S. 345.
os. Trans. 1832. p. 399. Lond. and Edinb. Philos. Mag.
9.
don and Edinb. Philos. Magaz. N. I. p. 40 und N. XV.

$n = 1{,}75$, woraus hervorgeht, dafs ni
Gewicht der Körper, sondern auch d
Einfluſs ist. Aus den weiteren Versuc
stalteten Körpern, sowohl hohlen als
cylindrischen Stäben, massiven Stück
dem Reversionspendel u. s. w., inden
sich bis auf 40 erstreckte, ging hervo
nach der Gestalt der Körper verschie
weitere Versuche erforderlich seyn wü
bestimmen. Dieses scheint um so me
die Stangen, woran Kugeln, Cylind
Körper aufgehangen sind, je nach ih
messern einen Einfluſs auf den Wer
Hiernach müſsten, wie er meint, all
die *Länge des einfachen Secundenpe*
folgerte *Gestalt der Erde* einer neu
werden, wobei aber erforderlich sey
n in jedem einzelnen Falle durch un
mitteln. Bei der Wichtigkeit der A
Abhandlung von denen genau berück
unternehmen, sich weiter mit dies
zu beschäftigen.

49) Challis versuchte eine
theoretischem Wege in nächster Bez
eines aus einer kleinen Kugel an
stehenden Pendels auf den leeren R
näher anzugeben, auf welche Weise e
gelangte, da man ohnehin bald ge
Widerstand dem Quadrate der Ge
setzt, stehe hier nur die einfache Fo

$$M v^2 + m v^2 = 2 g (M-$$

ist, wenn M die Masse der Kugel, v
Centrums, μ die Masse eines gleich
Factor der Fallgeschwindigkeit, h
Centrums der Kugel und m eine ge
Diese Formel würde ohne das Glied
die Masse der verdrängten Luft se
würde, was durch dieses Glied ausg
suchung ergab, dafs für die geringe G
der Pendel die Zusammendrückung d

kann. Ebendieses ergab sich für den Widerstand des Fa-
und dabei wurde die Kugel als völlig glatt vorausgesetzt,
ls durch ihre Unebenheiten keine Bewegung in den sie
enden Lufttheilchen erregt wird. Hiernach mufs sich die
welche die Kugel berührt, in lothrechten Richtungen auf
Oberfläche, also in solchen bewegen, die auf ihr Centrum
, und da die Dichtigkeit sich nicht ändert, wird die Ge-
digkeit in den verschiedenen Puncten sich im umge-
s Verhältnifs des Quadrates der Entfernung ändern. Dieses
gesetzt ist erforderlich, die Gröfse $m v^2$ zu berechnen.
lake sich zwei gerade Linien, die in irgend einem Zeit-
te durch den Mittelpunct der Kugel gezogen sind, eine
lichtung ihrer Bahn, die andere in einer solchen, welche
einen Winkel $= \Theta$ bildet; die Ebene dieser Linien
nen Winkel $= \varphi$ mit derjenigen Ebene, welche recht-
g auf den tragenden Faden der Kugel durch ihr Cen-
degt ist. Die Geschwindigkeit der Luft in demjenigen
, wo die den Winkel Θ bildende Linie die Oberfläche
gel trifft, ist $=$ v Cos. Θ, und in irgend einem andern
P dieser Linie, welcher um die Gröfse a vom Centrum
gel entfernt ist, wird (nach der angenommenen Voraus-
diese Geschwindigkeit $= \frac{v r^2}{a^2}$, wenn r den Radius
l bezeichnet. Die Masse eines Elementes der Flüssig-
diesem Puncte, die Dichtigkeit derselben $= 1$ ange-
, ist

$$\partial a \times a \partial \Theta \times a \operatorname{Sin.} \Theta \partial \varphi,$$

vis viva dieser Flüssigkeit in ihrer Bewegung oder

$$\iiint \left(\frac{v r^2}{a^2} \operatorname{Cos.} \Theta\right)^2 a^2 \operatorname{Sin.} \Theta . \partial a . \partial \Theta . \partial \varphi.$$

Integral für φ mufs von 0 bis 2π, für Θ von 0 bis π
a von r bis zum Unendlichen genommen werden.
wird

$$m v^2 = r^4 v^2 \iiint \frac{\partial a}{a^2} \operatorname{Cos.}^2 \Theta . \operatorname{Sin.} \Theta . \partial \Theta . \partial \varphi$$

$$= 2\pi r^4 v^2 \iint \frac{\partial a}{a^2} \operatorname{Cos.}^2 \Theta . \operatorname{Sin.} \Theta . \partial \Theta$$

$$= \frac{4\pi r^4 v^2}{3} \int \frac{\partial a}{a^2} = \frac{4\pi r^3 v^2}{3}.$$

Es folgt also, dafs $m = \frac{4\pi r^3}{3} =$

$$M v^2 + \mu v^2 = 2g(M - \mu)$$

sey. Hiernach wird

$$-\frac{v\partial v}{dx} \text{ oder } f = g\frac{M-\mu}{M+\mu} \text{ nahe}$$

und wenn also l' die Länge des Sec
l dessen Länge im leeren Raume bez

$$\frac{l'}{l} = \frac{f}{g} = \left(1 - \frac{2\mu}{M}\right), \text{ mithin}$$

Der Coefficient also, womit die
duction auf den leeren Raum multipli
hiernach 2; Bessel fand statt desse
seinen erwähnten Versuchen 1,864 f
Durchmesser und 1,748 für Kugeln
Challis meint, ein solcher Untersch
eigenen Untersuchungen und auch nich
hervor, welcher auf die Reibung de
der Kugel Rücksicht genommen habe
dingung die Aufmerksamkeit künftige
Versuche geben nach ihm das einzi
der erforderlichen Correction für die R
die Theorie könne in Verbindung mi
die Ursachen aufzufinden, auf welchen

50) Fragen wir nach dem endl
durch alle diese vielen Untersuchunge
unterliegt es wohl keinem Zweifel, d
ton'sche Gesetz richtig und der Wide
dem Quadrate der Geschwindigkeit p

---

1 Vgl. Art. *Pendel* a. a. O.

2 Eine kurze Abhandlung von Claus
Pendellinsen, in Schumacher's astron. Nac
hier nur angezeigt werden, weil sie blofse
Auszugs fähig sind. Die Idee, das Gese
mittelst aufsteigender Aërostaten aufzufinde
de St. Fond Descript. des expéditions de
p. 49, deutsch Leipz. 1784. S. 41) und Kra
Strafsb. 1784. Absch. 11 bis 16) hegten, is
das spec. Gewicht der Luftballons fortdauer
keiten nicht zu gedenken.

hrzeitig die nicht elastischen Flüssigkeiten vor dem beweg-
Körper aufgestauet, die elastischen zusammengedrückt wer-
hieraus aber ein neuer Gegendruck erwächst, welcher
falls eine Function der Geschwindigkeit ist, sofern eine
re oder kürzere Zeit zur Herstellung des Gleichgewichts
thote steht, so mufs hierdurch das genannte Gesetz eine
derung erleiden, und hierin dürfte der Grund liegen, wes-
das Gesetz für geringe Geschwindigkeiten ausreicht, für
re aber durch die Erfahrung nicht bestätigt wird. Sehr
theoretisch begründet ist ferner das Gesetz, wonach der
stand dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule von der ge-
n Basis und einer zur Erlangung der gegebenen Ge-
digkeit erforderlichen Höhe proportional gesetzt wird.
t hierbei auf die Vertiefung des Wassers und die Ver-
g der Luft hinter dem bewegten Körper Rücksicht ge-
n, allein mir scheint hierbei Folgendes in Betrachtung
men. Handelt es sich zuerst vom Wasser, so müfste
lem Verhalten der Pitot'schen Röhre) die Höhe des vor
örper aufstauenden und die Tiefe des hinter demselben
kenden Wassers zusammengenommen der Widerstand
er Säule gleich seyn, stände diesem nicht die Trägheit
nden und durch den Körper in Bewegung zu setzenden
entgegen. Bei den Bewegungen in der Luft mufs diese
n Körper ebenso stark verdichtet, als hinter demselben
t werden, wenn der berechnete Widerstand statt finden
ernach müfste also die Theorie mit der Erfahrung voll-
übereinstimmen, mit der alleinigen Ausnahme, dafs bei
n Flächen das Abfliefsen, mindestens des Wassers, zur
ehr gehindert und daher hierfür ein eigener von 1 bis
k mit der Gröfse des Körpers wachsender Coefficient
ich sein würde. Von grofser Wichtigkeit ist indefs der
, dafs die von vorn zur Seite abfliefsende Flüssigkeit
durch den Körper verlassenen Raum eindringt und
ihrer Bewegung in Folge der Trägheit die Bewegung
ers befördert, mithin den Widerstand vermindert. Auch
öfse als Function der Geschwindigkeit und der Fluidi-
vorhandenen Flüssigkeit würde sich theoretisch be-
lassen, allein wenn auch hiernach Theorie und Er-
in vollkommenen Einklang zu bringen wären, so treten
ch aufserdem Schwierigkeiten ein, welche nicht ge-

statten, das Problem mit absoluter S
gehört nicht blofs, dafs die Fluidität
sich nicht mit der Temperatur ändert
der Oberfläche der Körper adhäriren,
erforderlich ist, diese Adhäsion zu
der Umstand hinzukommt, dafs das
über der Oberfläche des Körpers nach
fläche leichter oder schwerer erfolgt,
nicht gerechnet, welche dadurch in
Ebendieser Umstand erschwert auch
flusses, welcher aus der Neigung
Körpers gegen die Bahn seiner Bewe
müssen daher, wie CHALLIS richtig
die erforderliche Basis abgeben, damit
erschöpfenden analytischen Ausdruck

Wind

Ventus; Vent; *Wind.*

Hierdurch bezeichnet man im All
der Luft von dem geringsten Luftzuge
Alles verheerenden Strömungen. Di
dieser Luftbewegungen gab indefs Vera
speciellen Bezeichnungen, die wegen
seyns nur eine kurze Andeutung verdi
man sie nach den verschiedenen Rich
West- u. s. w. Winde giebt, dann
sie beständige, periodische und verän
der Stärke, welche die Unterscheid
Stürme, Orcane, Typhons u. s. w. b
wissen Eigenthümlichkeiten, wonach s
Winde genannt werden. Es wird
Nöthige und Interessanteste über dies
nomene zusammenzustellen, da durc

---

1 Für die Praxis dürften die von T
am besten zu benutzen seyn, weil die durc
den meisten und genauesten Versuchen am

rt eine ebenso vollständige als auch gründliche Bearbei-
dieser Aufgabe vorliegt. Um die Uebersicht der nach-
den Untersuchungen zu erleichtern, werde ich sie in
he Abtheilungen zerfällen.

A. Ursachen der Winde.

Eine Theorie der Winde dürfen wir bei den Schrift-
n des Alterthums nicht suchen, deren Dichter dieselben
ihnen der Riesen oder der Götter machten und ihnen,
HOMER, VIRGIL und andere, ihre speciellen Sitze an be-
m Orten, namentlich auf den äolischen und liparischen
anwiesen[1]. Diejenigen Schriftsteller, welche die Natur-
ungen und deren Erklärung in den Bereich ihrer Unter-
gen zogen, haben über die Ursachen derselben verschie-
Hypothesen aufgestellt, die aber im Ganzen nur dazu
, ihren Mangel an genügenden Beobachtungen und darauf
deter Kenntnifs der Naturgesetze zu beurkunden[2]. Wenn
ber auch mitunter das Richtige treffen, so deutet dieses
uf einen glücklichen Zufall und ein Erzeugnifs des ihnen
gs nicht abzusprechenden Scharfsinnes, als auf das Re-
einer schulgerechten Forschung. ARISTOTELES[3] leitet
nde im Allgemeinen von einem entstehenden trocknen
(ξηρός) und seinem Verhältnisse zum nassen ab, und
ßt sich mit der Frage, ob sie in den oberen oder den
Regionen der Atmosphäre ihren Ursprung haben. Vor
lingen stellt er den Satz auf, dafs die Richtung der
vom Stande der Sonne abhänge, wonach also Südwinde
n, wenn dieser Himmelskörper zur Zeit der Frühlings-
eichen sich der nördlichen, und Nordwinde, wenn er
den Herbstnachtgleichen der südlichen Hemisphäre zu-
. Beim Aufgange der Sonne sollen die herrschenden
nde nach NO., bei ihrem Untergange aber nach NW.
en. Nur wenig abweichend hiervon meint THEOPHRAST[4],

Vergl. v. LINDENAU in v. Zach Monatl. Correspondenz. Th. XIII.
DOVE in Poggendorff's Ann. Th. XLII. S. 316.
S. IDELER Meteorologiæ veterum Graecorum et Romanorum. Berol.
. 55 ff. 103 ff.
Meteorologia Lib. III.
De ventis a. v. O.

die Winde entständen durch d
Mitwirkung des Mondes, durc
der Luft hervorrufe, wogegen
Abrede stellt, dafs eine blofse L
genüge, und daher den vorau
Hülfe ruft. Die Meinung Thr
eine dem Wesen nach richtige
die Luft von der Sonne angezo
könne, sondern sich bewegen m
die Feuchtigkeit zerstreue und
jeden Fall eine gewisse Bew
Siculus[1] meint, in Libyen s
ruhig, denn dort gäbe es keine
ler, keine hervorragenden Hügel,
Fruchtfelder, daher auch keine
vereint die Winde als Luftbewe
theilt die einfache Bemerkung n
kälteren Gegend in die wärmer
dings richtigen Satz Macrobi
rungen knüpft. Minder deutlic
krates[4] aus, wenn er sagt: A
vom Eise, von sehr kalten Geg
wie von feuchten und erkaltet
Stärke wehen (πνέειν ἀπὸ), je
Die eigenthümlichen Eigenschaf
nach nicht durchaus richtigen P
derjenigen Orte ab, von denen
sie vorher wehen.

2) Setzen wir zu den hier
die Aeufserungen der Alten,
wegungen der Luft sind, so lass
hierauf zurückbringen. Anaxa
sicht, dafs die Winde durch
ihrer Ausdehnung durch Wärm

---

1 Biblioth. Lib. III. cap. 51.
2 Histor. L. II. cap. 27.
3 Saturnal. Lib. VII. cap. 8.
4 De victus ratione. Opp. L. I
5 Diogenes Laertius. Lib. II.
6 Achilles Tatius Isag. in A

gen leitet das Strömen der Luft theils von den Wolken, s von einer Verdunstung der Erde (ἀναθυμιάσεις γῆς) her, meint, die verschiedenen Bezeichnungen der Winde be- s sich auf die Orte ihres Ursprunges (z. B. ἐυρεφίαι, die den Wolken kommenden). Bei den lateinischen Schrift- n finden wir blofs die Aeufserung, dafs der Wind eine wegung sey, z. B. bei LUCRETIUS[1], VITRUVIUS[2], SE- [3], PLINIUS[4], ISIDORUS[5] und andern. Interessant ist da- ie Wahrnehmung, wie die Zahl der Winde, von denen de ist, bei den späteren Schriftstellern zunehmend wächst. ius[6] nennt nur zwei Winde, beide aus Thracien wehend, s[7] aber deren vier, und zwar so, dafs sich schliefsen n seyen damals nur diese allein beachtet und besonders n worden. Später wurden acht unterschieden, wie IDELER[8] weil der Auf- und Untergang der Sonne im Winter in ndere Gegend fällt, als im Sommer. Später setzte man ie vier neuen Winde zwischen die ersten vier Cardinal- , und hierauf bezog sich auch der von ANDRONICUS STES zu Athen erbauete achteckige, den Winden ge- te, Thurm, auf dem ein Triton stand, welcher mit einem die Windrichtung andeutete[9]. Genau genommen war also nichts weiter, als eine elegante und kostbare Wind- ARISTOTELES[10] nennt zwölf Winde, nach seiner Zeit den sowohl bei den Griechen als auch bei den Römern Winde genannt und an den verschiedenen Orten nach genden, woher sie kamen, durch eigene Namen be- t, die man ziemlich vollständig durch PLINIUS[11] aufge- t findet.

Verdienen die hier mitgetheilten Aeufserungen der Alten igentlich den Namen einer Theorie der Winde, so darf

---

1. de rer. natura. L. VI. v. 685.
2. de Architectura. Lib. I. c. 6.
3. Quaest. nat. L. V. c. 1.
4. Hist. nat. L. II. c. 44.
5. Origg. L. XIII. c. 11.
6. Theog. v. 379. 870.
7. Odyss. L. V. v. 295.
8. A. a. O. p. 67.
9. Στραβ. de Archit. L. I. cap. 6.
10. Meteorol. L. II. cap. 6.
11. Hist. Nat. Lib. II. cap. 46.

Franz Baco[1] von Verulam (1
gründer derselben genannt wer
schlug jener merkwürdige Mann
er zur Lösung derselben Beoba
band. Nicht blofs beachtete er
dern zugleich auch ihren Zusam
und der Temperatur. Er nen
Erzeugerin der Winde, vorzug
ihre Strahlen die Luft mindester
ausdehnen und dadurch noth
müssen. Da die Kraft der Son
Zone am gröfsten ist, so mu
gröfsten sein, und indem die S
wegt, die kältere Luft aber ste
dringt, so mufs hieraus der be
Prüfung der Sache stellte er ei
Kohlen in einen engen Thurn
Raum, und bemerkte, dafs di
an Fäden hängende Körper ab
Hätte Baco die Richtigkeit de
erkannt, so würde er wohl ohn
winde vollkommen genügend
nicht der Fall war, so setzte
dafs sich die Atmosphäre auf
täglich einmal um die Erde
dem Aequator, wo sie am stärk
wahrgenommen werde. Selbst
der Sterne auf die Entstehung
weil bei Mondfinsternissen,
Aufgange grofser Gestirne lebha
Auf die Hypothese einer Dr
Baco indefs wenig Werth gele
ter keinen Beifall, vermuthlich
ten keine Spur davon zeigt, di
und das Fortschreiten derselbe
Andern auch Varenius als Urs

1 Historia naturalis et experim
Works by Shaw. Lond. 1733. 4. T.
gabe Lugd. Bat. 1648. 12.

2 Geographia generalis. L. I.

4) Als die Rotation der Erde allgemeiner angenommen
, war es wohl natürlich, dafs man diese, schon wegen des
die Neuheit der Sache erregten Interesses, als Ursache der
, und namentlich der Passatwinde, ansah, was dann auch
Galilei, Cartesius, Rohault, Mersenne und andere
zeitige Physiker geschah[1]. Nach ihrer Ansicht erhielt das
, die Erde umgebende Fluidum ursprünglich nicht gleiche
windigkeit, als dieser feste Körper, mufste daher bei der
en Rotation der Erde von West nach Ost zurückbleiben,
eine entgegengesetzte Bewegung annehmen und hier-
einen beständigen Luftzug von Ost nach West erzeugen.
liegt wohl keinem Zweifel, dafs in diesem Sinne die
hung der Erde keinen Einfluſs auf die Erzeugung der
haben kann, da die Atmosphäre, deren Höhe im Ver-
zum Erdhalbmesser so gering ist[2], durch ihre Adhä-
n die Oberfläche der Erde sehr bald eine mit dieser
Geschwindigkeit der Bewegung erhalten mufs. Hiervon
gte sich Halley bald, da ihm noch obendrein sein
iger Aufenthalt zwischen den Wendekreisen die beste
heit gab, Beobachtungen, namentlich über die periodi-
Winde, anzustellen, und er gab daher in seiner treff-
bhandlung[3] eine sehr vollständige Sammlung der merk-
ten beständigen und periodischen Winde, erläuterte die
gen derselben durch eine Charte, und stellte eine Theorie
n Ursprung auf, die noch jetzt mit einigen wesent-
odificationen als die herrschende betrachtet wird. Hier-
: die Sonne die vorzüglichste Ursache der Winde, so-
ch eine anhaltende Erwärmung der Luft die Ausdehnung
n bewirkt und dadurch eine Bewegung erzeugt wird.
gedehnte leichtere Luft findet auf der Erdoberfläche
überwindlichen Widerstand, mufs daher aufsteigen und
itwärts abfliefsen; in den verdünnten Raum derselben
die Luftmassen seitwärts ein, es entsteht hierdurch
rizontale Strömung, und da die erzeugende Ursache
n Ost nach West weiter rückt, so wird hierdurch die

---

[1] Galilei betrachtet die Passate als einen Beweis für die Rota-
Erde. S. De Syst. Mundi Dialogi, Dial. IV. p. 327. ed. 1641.
Vergl. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1989.

[2] An historical account of the Trade-Winds and Monsoons. In
ns. 1686. N. 183. p. 153.

Richtung dieser Luftströmung
perennirender Ostwind. Uebrig
Strömungen der kälteren Pola
nommen und manche atmosphä
geleitet, wie sich leicht erkläre
tigt, dafs einem so gelehrten
nicht wohl unbekannt seyn k
schon einen bedeutenden Grad
blofs die unteren Passate erklä
der aufsteigenden Luftmassen b
hier offenbar eine Lücke statt;
Abfliefsen zeige sich unzweife
welcher an der Grenze des Nor
dieses doch keineswegs aus der
nach die Luftströmung ihre urs
beibehalten, nach ihrem Zusam
gesetzter Richtung strömenden
abfliefsen. Diesen wesentlichen
dem er die Rotation der Erde
also die von Norden herbeiströ
Zonen stärkerer Rotationsgesch
östliche Richtung erhalten mufs
gegen aus gleichen, aber entg
eine westliche, woraus dann a
untere NO., der obere SW., u
SO., der obere NW. Passat en
in der neueren und neuesten Ze
nommen worden, ohne tiefer in
zugehn, welche nach den ältere
die mannigfaltigen Veränderung
wie man diese z. B. durch
geben findet.

5) Im Jahre 1730 setzte di
zu Bordeaux einen Preis für di
Veränderungen der Winde aus,

---

1 Posthumous Works. p. 364.
2 Philos. Trans. 1735. T. XX
3 De la nature de l'air. In Oe
4 Recueil des Prix de l'Acade
Lindenau a. a. O. p. 261. Vergl. C

ihm sind die Ursachen der Winde theils cölestische, errestrische; zu den erstern gehört aber blofs die Sonne, Wirkungen er durch einen Versuch zu versinnlichen sich e. Er hielt demnach ein glühendes Eisen über eine fläche, auf welcher leicht bewegliche Körper schwammen, diese hierdurch in Bewegung gesetzt wurden, so schlofs Sonnenstrahlen müfsten eine impulsive Kraft haben, verrelcher Flüssigkeiten von dem Puncte, wo sie von ihnen n würden, sich wegbewegten. Hiernach müsse also die ch durch Sonnenwärme erheben, die höheren Luftsäulen dann oben auf die umgebenden niederen herabfliefsen, ch aber eine kreisförmige Bewegung in der Atmosphäre , um die Luftmassen zu ersetzen, die durch die Sonne erhoben wären. Diese Theorie, wonach eine dreibewegung der Luft durch die Sonnenstrahlen, eine aufe, herabfliefsende und drehende, erzeugt wird, und viele Phänomene des Windes erklärbar sind, machte Dupain de Nemours[1] bekannt und führte zugleich dene Thatsachen zu ihrer Unterstützung an. Nach Sar- ist übrigens die Sonne nicht die einzige Ursache der sondern die Axendrehung der Erde wirkt zugleich mit, aus lassen sich die Passate zwischen den Wendekreisen periodischen Winde unter mittleren Breiten erklären. noch andere bedingende Ursachen, als Dämpfe, un- Temperaturen und Unebenheiten des Bodens, hinzu, so durch die Ursachen gegeben, aus denen sich die Winde lmeeres und die Moussons des indischen Oceans abten. Die veränderlichen Winde endlich beruhen nach nicht noch auf verschiedenen, zu diesen allgemeinen menden Ursachen, unter denen Verdichtungen der teigende Dämpfe, entzündete Ausdünstungen, Wolken, eils durch das herabfallende Wasser, theils durch Er- ungleiche Erwärmung, theils an demselben Orte , theils an verschiedenen Puncten gleichzeitig statt Erschütterungen der Luft, Hindernisse durch Berge, nd sonstige Gegenstände und andere mehr die wich- nd.

---

ns. of the American Phil. Soc. held at Philadelphia. T. VI. gl. Mon. Corr. Th. XI. S. 260.

6) Eine durch ihre Einfac
cüls sehr ansprechende Theorie
Hiernach werden die Oscillatio
Weise, als Fluth und Ebbe d
des Mondes und der Sonne h
dieser Kraft sind zwar, wie e
einen Einfluſs auf das Baromete
mögen sie den beständigen Os
dieser einmal vorhanden ist, d
von ihm angenommene Modifica
hervorzurufen. Diese Theorie
gefunden, in v. Lindenau[2]
kennung ihrer Verdienste einer
Abgesehn von dem Umstande
vernachlässigt und eine etwas
braucht worden ist, daſs es un
den gefundenen Ausdrücken die
des herzuleiten, und daſs die in
Nord– und Westwinde sich g
stellt er ihr noch folgendes u
gegen. Sollten die Strömunge
als Ebbe und Fluth durch die
Sonne erzeugt werden, so hat
eine zunehmende Tiefe des M
mindert. Da aber die Höhe der
licher ist, als die Tiefe des M
cillationen der Luft viel klei
obersten Schichten der Luft a
wenig Adhäsion unter einande
unbedeutenden Druck erleiden
afficirt zu werden, und da d
wie die Theorie nach La Gr
Bewegungen eines Fluidums blo
sich nicht bis zu bedeutender T
aus diesem Grunde die Gravit

---

1 Réflexions sur la cause gén
porté le prix par l'Acad. Roy. de Pr
2 Monatl. Correspondenz. Th.
3 Mécanique céleste. T. II. p.
4 Mécanique analytique. p. 49

sphäre keinen bedeutenden Einfluſs haben[1]. Nach den tsuchungen, welche La Place[2] hierüber angestellt hat, die Geschwindigkeit der hierdurch erzeugten Luftbewegung gröſser seyn, als 33,388 Linien in einer Secunde, und t also gar nicht in Betrachtung, wenn von Winden die ist.

) Die meisten Physiker richteten ihre Aufmerksamkeit sweise auf die Passatwinde, und bemüheten sich, diese lären; ihre Ansicht ging aber fast ohne Ausnahme dahin, ie Sonne durch die Erwärmung des Bodens und der Luft vorrufe und diese also als die vorzüglichste, wenn nicht Ursache derselben anzusehn sey. Für diese Hypothese sich Mylius[3], dessen Abhandlung neben der erwähnten Alembert das Accessit von der Gesellschaft der Wissen- zu Berlin erhielt. Auch hierin werden vorzüglich die inde berücksichtigt, deren Erklärung keine Schwierig- verursacht, die periodischen Winde (Moussons) aber, genau beschreibt, hält er in Beziehung auf die bestän- ir etwas Aehnliches, als den Mangel an Ebbe und Fluth elländischen Meere. Auch de la Coudraye hält in on der Akademie zu Dijon im Jahre 1785 gekrönten rift[4] die Sonne für die einzige Ursache der Winde. Es ferner noch die im Wesentlichen hiermit übereinden Abhandlungen von Colepress[5], von Garden[6], agentin[7], von Strahl[8] und einigen Andern genannt deren ausführliche Erörterung jedoch der Mühe nicht yn dürfte.

Wichtiger dagegen sind die Ansichten, welche Mus-

---

gleich der Satz richtig ist, dafs der Mond keine merkliche Fluth der Atmosphäre erzeugt, s. Art. *Meteorologie* Bd. VI. S. 1898, h der Grund, worauf er gestützt wird, dafs nämlich die Bedes Wassers nicht in die Tiefe dringen, durch neuere Been und Versuche widerlegt worden. Vergl. Art. *Wellen* a. v. O. ican. célest. T. II. p. 297.

nach einer Bestimmung der Gesetze der Winde. Berlin 1840.

sorie des Vents. Fontenay 1786. 8.

los. Trans. N. 26.

los. Trans. 1685. T. XV. N. 175.

hwed. Abhandl. von 1762. T. XXIV. p. 173.

ipz. Samml. zur Physik u. Naturgesch. T. II. St. 5. S. 575.

SCHENBROEK[1] über die Ursach
Gelehrte später allen Physike
die Winde in vier Classen, be
Landwinde und veränderliche
sind vorzugsweise die Sonne
Luftmassen, auf welche ihre
dadurch zum Aufsteigen verm
oberen Theile seitwärts abfliefs
in die verdünntere eindringer
von Osten nach Westen for
Richtung dieses Windes von
dann die warmen, elektrischer
Menge aus dem erwärmten M
Hauptursache unterstützen. D
durch die Rotation der Erde
sächlich wegen der grofsen Ge
im Verhältnifs zu der der W
Erzeugung derselben durch de
sonst seine Richtung in jedem
Ueber die Ursachen der period
Unwissenheit bekennen, als e
glaubt aber, dafs mehrere U
Lage der Berge, die in ge
Ausdünstungen, Schmelzen d
dens und verschiedene andere
solche, die unter dem Meere
diejenigen, die den indischen
und leuchtend machen. Die
richtig von der ungleichen T
Wechsel über der See und
Ursachen der veränderlichen
vier Classen, indem sie sich
fläche derselben, im Luftkreise
finden. Zahlreiche Beobacht
Winde, die aus den Aeolushö
derselben lassen sich ungleic
communicirenden Gängen, Zu
herabfallendes Wasser, unteri

---

1 Introd. in Phil. Nat. T. II

gen der äufseren Winde in Höhlungen und Gänge an-
n[1]. Auf der Erde giebt es unzählbare Ursachen, welche
bewegungen erzeugen, als die Wellen des Meeres, Ebbe
Fluth, grofse Ströme, aufsteigende Dünste, starke Feuer
Explosionen, Schmelzen des Schnees, Lavinen, Gährung
Fäulnifs, entwickelte elastische Medien u. s. w. Die vor-
lsten Ursachen sind in der Luft selbst enthalten, die
htung und Verdünnung derselben durch Wärme und
, Aufsteigen der Dünste und Herabfallen des Regens,
hmung und Zusammendrückung der Wolken, Luftelektri-
Erkältung der Luft durch den Schatten der Wolken und
ufbrausen verschiedener einander begegnender Ausdün-
e, wodurch elastische Materien erzeugt werden, endlich
ft, welcher die Luft aus der Stelle treibt und andere
ft, sich in deren verlassenen Raum zu stürzen. Ueber
mosphäre wirken zur Erzeugung der Winde die An-
der Sonne und vorzüglich des Mondes, welche auf
fskreis in gleicher Weise, als auf das Meer wirken.

Als der Urheber der in den neuesten Zeiten gangbaren
der Winde ist wohl DE LUC[2] zu betrachten, welcher
die Vorarbeiten HALLEY's und HADLEY's nicht un-
liefs. Hiernach ist der jährliche und tägliche Lauf der
n Folge der dadurch bewirkten Erwärmung der Luft
sache der Winde, indem die erhitzten und ausgedehnten
en aufsteigen und oben abfliefsen, unten aber die käl-
ihre Stelle treten. Die letzteren kommen von den
r und haben unter höheren Breiten eine weit geringere
geschwindigkeit, als welche sie in der äquatorischen
nehmen gezwungen werden; sie erhalten dadurch eine
chtung entgegengesetzte Bewegung, und daher müssen
Norden zum Aequator strömenden Massen, so wie die
pole dahin gelangenden, nach Westen hin abfliefsen,
en nach dem Stande der Sonne modificirten beständigen
erzeugen. Die vom Aequator in den oberen Regionen

---

ch F. KNOLL brechen solche auch zuweilen unter dem Meere
l bewirken dessen Wallen und Aufbrausen. S. Wunderer-
n, ins Licht gesetzt u. s. w. Langensalza 1785. 8.
ne Ideen über die Meteorologie. A. d. F. Berl. u. Stett. 1788. 8.
820 ff.

in die nördlichen Parallelkreise
sen aus dem nämlichen, hierbe
eine Richtung nach Osten ann
Südwestwind erzeugt werden,
kugel ein Nordostwind entsteht
wegs so regelmäfsig sind, als
können wir nicht umhin, no
sachen aufzusuchen. Hierzu ge
und Regen, wie man auch da
terer in der Regel von Stürme
hatte schon vorher DE SAUS
Winde benutzt, indem er gla
Dünste bei ihrer plötzlichen V
leere Räume erzeugten, theils
schen Dampf bilde und dadu
der Luft erzeuge.. Gegen dies
über jeden Zweifel erhabene
Gemäfsheit seiner bekannten T
wöhnliche Art, die Verdunstu
stehung des Regens zu betrach
tigen Stürme, wie sie oft der
ausgehn, nicht genüge, und
starken Windstöfse in denjeni
selten in der Atmosphäre statt
sich durch gewöhnliche Verdu
haben, eine Zeitlang daselbst
so verwandeln sie sich viellei
Volumensvermehrung in Dunst
mit starker Abnahme des Vo
Diese schnellen und beträchtli
mens sind vermögend, die Stü
zu machen, die man bei plötz
bei heftigen Regengüssen beobac
die Wolken nicht als bleibend
gehende Phänomene, welche all
der erneuert werden, woraus si
den Winde erklären lassen, v
nung nicht wohl Rechenschaft

---

1 Essays sur l'Hygrométrie. E

lichen Theorie von der Verdampfung und dem Nieder-
e *huldigt* und nicht der seinigen von einer Verwandlung
Vassers in eine eigentliche Luftart beipflichtet.

0) Ungleich mehr Beifall, als sie eigentlich verdiente, hat
n Hube[1] aufgestellte Theorie erhalten. Hiernach sind
iedenheit in der Erwärmung durch die Sonne, Verdun-
und Elektricität die Hauptursachen der Winde. Die kalte
r Pole strömt nach den wärmeren Gegenden und erhält
die Axendrehung der Erde eine Richtung von Ost nach
daher auch auf dem Eismeere Ostwinde herrschen. Un-
twinde im Frühling kommen aber von den nach Osten
n kalten Ländern, die insbesondere im Frühjahr ihre
Temperatur noch länger beibehalten. Auf dem mittel-
en Meere herrscht Ostwind wegen der Gebirge auf der
Syriens, die südlichen Winde auf dem arabischen Meer-
n Winter kommen wahrscheinlich von den hohen Ge-
Abyssiniens. In unsern Gegenden brechen im Som-
nde aus beschatteten Thälern zwischen hohen Bergen
Oeffnungen tiefer Berghöhlen hervor, die mit zuneh-
Wärme des Tages heftiger werden, bei Nacht aber auf-
Die Abkühlung der Luft durch Wolken erzeugt Winde,
n ein District mehr von Gewölk beschattet, oder in
nfigerer Regen kälter ist, als ein anderer, so erheben
glich im Sommer zwischen beiden Winde, die sich
end legen und am andern Tage wieder beginnen.

dem Entstehen mancher Winde und zur Erklärung
heterschwankungen entnimmt Hube eine ihm eigen-
Hypothese der Verdunstung. Hiernach soll es zwei
selben geben; bei der ersten wird die Elasticität der
lich erhöht, die zweite geht langsamer von statten
Vermehrung der Elasticität der Luft findet nicht statt.
n würde es überflüssig seyn, die Versuche, die er zur
ag dieser Hypothese anführt, näher zu prüfen, da
ller[2] bei der damals noch unvollkommenen Kennt-
Verdunstungsprocesses und ungeachtet des Beifalls, wel-

---

er die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre.
l. 8. Kap. 57 bis 68. Vollständiger und faßlicher Unterricht
urlehre. Leipz. 1793. 8. Br. 34 bis 37.
terbuch a. A. Th. V. S. 93.

chen er diesen Sätzen zollt, d
gegen aufstellt. In Gemäfsheit
dene Winde aus schnellen und
Art entstehn, wobei die Luft i
hält, oder wohl gar durch di
kühlt noch schwerer wird und
wo sie den geringsten Wider
entstehn die Schneewinde und
die über eine heifse, trockne
auch bei stillem und starkem
zertheilen, und in der Nähe
digste Wind dieser Art ist d
sich kurz nach Sonnenaufgang
Stunden anzuhalten pflegt.

Winter, kalt, in bergigen G
blofs auf dem festen Lande z
bekannte Luftströmung (§. 28
wird über dem festen Lande
Nacht in der Tiefe viel kälte
die Ziehkraft (in Beziehung
Luft den Wasserdampf anziel
Luft gröfser, als sie aufserden
nicht ganz aufgelösten Wasse
durch die Ausdünstung der er
steigen bei Nacht in die Höh
den von den ersten Strahlen
gekommenen Sonne getroffen
hängen und deren Ziehkraft d
löst sie auf die erste Art auf
dehnt, kälter und specifisch s
theilchen beladen herab und
Herabfallen geschieht aber nic
dern mit einer Neigung nach
Ursache in dieser Richtung fo
cher Ostwind, welcher aber
die untere Luft später erwärm
als die obere. Uebrigens be
den Morgenthau, und bewirkt
gang von oben auf die Erde
giebt es nach Hube in alle

de, die bald aus dieser, bald aus jener Gegend kommen, oft über hundert Meilen hin erstrecken, zuweilen sehr g sind und nicht selten eine wärmere Luft herzuführen. assen sich weder durch Erkältung, noch durch Ausdün- erklären, weil sie im ersten Falle nie wärmere Luft her- ren, im zweiten sich nicht so weit erstrecken könnten, h sie sich nie in heifsen Ländern finden, müssen sie eine dere, den kälteren Ländern eigene Ursache haben. Diese n die Elektricität seyn, von welcher angenommen wird, ie die Spannung der in der Luft aufgelösten wässerigen e, jedoch blofs der Dünste zweiter Art, ansehnlich ke.

an ersieht aus dieser kurzen Darstellung einer sehr aus- hen Untersuchung, dafs Hube weder eine hinlängliche hifs der Thatsachen besafs, noch auch die Erscheinungen nügendem Scharfsinn auffafste, in der Wahl der Hypo- sehr dreist zu Werke ging, und dann zur Aufrechthal- derselben zu sehr willkürlichen, anerkannten Naturge- mitunter widerstreitenden Voraussetzungen seine Zuflucht Dieses zeigt sich in allen Erklärungen, mit Ausnahme n den Passatwinden, die jedoch schon vorher bestand.

) Nachdem das bisher Mitgetheilte vorausgegangen war, man aufserdem noch die Bemühungen von Franklin[1], r[2], Cotte[3] (durch den reichen Schatz der von ihm elten Thatsachen), insbesondere aber von Romme[4] zäh- n, minder bedeutende Arbeiten nicht zu erwähnen, un- v. Lindenau[5] die Begründung einer genügenden Theo- Winde. Um hierbei die zahllosen Nebenbedingungen hliefsen und die Hauptgesetze unabhängig von diesen llen, nimmt er vorläufig die Erde als allgemein von umgeben und die feinere Atmosphäre über diesem ru- n, welche beide Flüssigkeiten mit einander in der ge- n Verbindung stehn, indem wässerige Feuchtigkeiten Condensation der Dämpfe in der Atmosphäre und wie-

---

Philos. Trans. 1765. p. 182.
Journ. de Phys. T. XXXVIII. p. 365. 370.
Traité de Météorologie Par. 1774. Mémoires. Eb. 1789.
Tableaux des Vents, des Marées et des Courans. Par. 1806.
Monatl. Corresp. Th. XIII. S. 435.

derum Dämpfe durch Expansion
ses vorausgesetzt und zugleich
Luftschichten beobachteten Bew
gestörten Gleichgewichts anzus
vollkommene Ruhe statt finden
ser Störungen und ihrer Ursac
der Untersuchungen. Hiernach
vorzugsweise ansehn:

1) Die Rotation der Erd
2) Verdichtung und Ver
Sonnenwärme,
3) allgemeine Bewegung
4) Gravitation des Mond

In Folge der Ausdehnung
heifsen Zone mufs die dichtere
dem Aequator strömen, und v
eine geringere Rotationsgeschwi
so mufs sie in der Richtung n
daher einen Ostwind erzeugen.
Berechnung läfst sich dann find
digkeit dieser Bewegung seyn
gehe, da diese Bestimmung v
wegung vom Pole zum Aequa
auf dieser Bahn befindlichen Lu
Gröfsen nicht wohl genau zu
betrüge die Geschwindigkeit
Süd 18 Fufs in einer Secunde
mung vom 18ten Breitengrade
einer Secunde, und bis zum 1
woraus hervorgeht, dafs diese
eines beständigen Ostwindes m
auf keine Weise erzeugen kann
Wirkungen der Dilatation der L
mufs man, um die Stärke un
den vorausgesetzten Bedingung
men, theils die Differenz der
rallelen, theils die tägliche e
in demselben Parallel unter ve
dende zu bestimmen suchen.
dem Laufe der Sonne von Ost

te einen höheren Wärmegrad, als die östlichen, und r alle regelmäfsige Winde eine Richtung von Ost nach t erhalten, wobei es sich wohl von selbst versteht, dafs nächtliche kältere Temperatur auf diese Richtung keinen ufs haben kann. Ohne in eine eigentliche Discussion die- Problems einzugehn, erklärt sich v. Lindenau bestimmt t die Ansicht, wonach die regelmäfsigen Winde blofs t die Axendrehung der Erde erzeugt werden sollen. Aus ilatation der Luft durch die Wärme unter dem Aequator einfach, dafs eine östliche und eine nördliche Luftströ- entstehn mufs. Wollte man diese genauer bestimmen, so s das Gesetz der ungleichen Verbreitung der Wärme auf lde dabei zum Grunde gelegt werden. Diese Aufgabe hat bezieht sich v. Lindenau nur kurz auf die Arbeiten Halley, L. Euler und hauptsächlich Fontana, hält sich letzt an die bekannte Formel von Tob. Mayer; es ist bereits[1] ausführlich gezeigt worden, dafs es ein solches eines Gesetz gar nicht giebt, weil aufser dem Auffallwinkel nnenstrahlen eine Menge örtlicher Bedingungen einen so hen Einfluss ausübt, dafs in den hierüber zu suchenden achen Ausdruck auch ein Coefficient der Länge eingeführt n mufs, und es auch dann noch fraglich bleibt, ob sich n Erfahrungen völlig genügender auffinden läfst. Die Ursache der Winde, nämlich die Bewegung des Meeres, ehr nahe. Aus dem Meere steigen fortwährend Dämpfe Atmosphäre auf, und die letztere mufs daher eine mit chtung jener übereinstimmende Bewegung annehmen, also eresströmung folgen. Durch die Rotation der Erde und swirkung der Sonne wird aber das Gewicht des Wassers dem Aequator stets vermindert, und aufserdem steigt eine nde Menge als Dampf auf, die Gesammtmasse desselben dadurch verringert, statt dafs sie unter den Polen durch schläge zunimmt; es entsteht somit der bekannte Polar- und hierdurch die westliche Strömung des Meeres unter Aequator, welche dann den Ostwind daselbst bedingt. nziehung des Mondes endlich übt allerdings einen Ein- uf die Oscillationen der Atmosphäre aus, allein wenn auch dreimal so grofs als der der Sonne angenommen

---

[1] S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 500.

wird, so ist dennoch die durch
Wirkung so gering, dafs sie s
schen Anomalieen verliert.

12) Der Plan, dessen Ausf
genommen hatte, dessen volls
scheinlich wegen der unermefsli
rigkeiten unterblieben ist, wa
nämlich eine aus den vier gen
Voraussetzung einer überall vor
entwickelte Theorie der Winde
vorgehenden Resultate als die n
rung gegebenen als Modificatio
Perturbationen zu betrachten, u
suchen. Wenn man aber berück
der Thatsachen seitdem (seit 180
achtungen der neueren Zeit verm
leicht, dafs dieser mit Ueberleg
fene Plan damals noch gar ni
kommen konnte. Absichtlich
DENAU nur auf die Untersuchur
angegebenen vier Ursachen in
Richtung der Winde haben, wo
und Sonne als verschwindend
Betrachtet man die übrigen drei
alle auf dem Einflusse der Wä
diese die Luft unter dem Aequa
gleich die Wirkung der Rotatio
Polen zum Aequator strömenden
Wassermassen durch die Ungl
verschiedenen Zonen bedingt, v
pfung des Meeres, die als dritte
wird die Möglichkeit einer Th
Functionen der Wärme anschaul
darauf an, das Verhältnifs zwi
Breite und Declination der So
Wäre dieses geschehn, so mü
Ausdehnung der Luft durch di
Verdunstung des Meeres unter v

---

1 Monatl. Correspondenz. Th.

die Theorie der atmosphärischen Störungen durch Entwickelung dieser drei Functionen zu begründen. v. Lindenau übt sich dann, die *Maxima der Wärme* in den Sommermonaten, *die Zeiten der gröfsten täglichen und jährlichen Wärme* und *das Verhältnifs der jährlichen Wärme der verschiedenen Zonen* für die nördliche Halbkugel von 0° bis 60° Breite aufzufinden, die er in Tabellen zusammenstellt; es ist oben[1] bereits gezeigt worden, dafs alle frühere Bemühungen dieser Art mifslingen mufsten, weil die Auffindung der Isothermen durch Al. v. Humboldt der ganzen Aufgabe eine ganz veränderte Gestalt gab. Es genügt daher hier, aus unserer Achtung gegen den grofsen Gelehrten den Gang zu bezeichnen, den er zur Erhaltung jener Resultate gewählt hat. Er nimmt nämlich an, dafs das Differential der Sonnenwärme dem Producte aus dem correspondirenden Zeitmomente in den Cosinus der Zenithdistanz der Sonne gleich sey. Wird dann die Zenithdistanz die Polhöhe, die Declination und der Stundenwinkel substituirt, und bezeichnet man diese Gröfsen durch λ, δ und z, so wird nach gehöriger Integration und Bestimmung der Constante unter der Bedingung, dafs beim Sonnenaufgange h dem halben Tagebogen gleich ist, die Sonnenwärme für jeden Stundenwinkel z durch den Ausdruck:

$$(\text{Sin.}h - \text{Sin.}z)\,\text{Cos.}\lambda\,\text{Cos.}\delta + (h - z)\,\text{Sin.}\lambda\,.\,\text{Sin.}\delta$$

gefunden. Bis so weit folgt v. Lindenau den Bestimmungen, welche Fontana[2] hierüber aufgestellt hat, bei den folgenden Berechnungen aber, wobei es darauf ankam, die Stunde der gröfsten Hitze an einem gegebenen Tage und den Tag der gröfsten Wärme im Jahre zu finden, wich er von diesem ab, um hierzu die gewöhnliche Methode der Differentiation beizubehalten, und ging vielmehr zur Vermeidung transcendenter Gleichungen von dem Grundsatze aus, dafs das Moment der gröfsten Wirkung jederzeit dann eintritt, wenn die Summe der wirkenden Kräfte durch die Zahl der correspondirenden Zeiträume ein Maximum giebt. Da die Berechnung selbst nicht mitgetheilt worden ist, so genügt es hier nur zu bemerken, dafs sich diese Weise theoretisch gefundenen Werthe wirklichen Beobachtungen angepafst werden; allein man weifs jetzt nach

---

[1] S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 502 ff.

[2] Meditationes physico-mathem. p. 1 sqq.

den bereits erwähnten ausführlichen Untersuchungen über d
Temperaturverhältnisse der verschiedenen Orte unserer E
dafs ein solches allgemeines Gesetz mit der Erfahrung
übereinstimmt und demnach auch keine Theorie der W
darauf gestützt werden kann.

13) Die hier in genügender Vollständigkeit aufgefü
Versuche zur Erklärung des Ursprungs der Winde geh
Grunde nicht weit über dasjenige hinaus, was Hadley[1] b
geleistet hat. Nach seiner Ansicht nehmen wir an, dafs
die Erwärmung der Erde und der Luft in der äquator
Zone die letztere aufsteigt, die zu beiden Seiten an sie
zende in den verdünnten Raum eindringt, wodurch di
stetes Zuströmen der kalten Polarluft zum Aequator u
Abfliefsen der erwärmten Luft nach den Polen hin statt
mufs, dafs hieraus und aus dem Zurückbleiben der herz
menden Luft bei ihrem Eintritte in eine schneller ro
Zone der Erde oder ihrem Voreilen beim Anlangen in
langsamer rotirende in der heifsen Zone die Passate, durc
liche Einflüsse aber die periodischen Winde entstehn, un
die veränderlichen in den gemäfsigten und kalten hiermit
in Verbindung stehn müssen, obgleich die eigentlichen
chen derselben durch zahlreiche örtliche Einflüsse minder
lich hervortreten. Immerhin fehlte es aber noch an einer
digen Nachweisung des Zusammenhanges der sämmtliche
beiden Hemisphären herrschenden Winde jeder Art mit
allgemeinen Ursache, und namentlich war zwar die allg
Strömung der kalten Luft gegen den Aequator und ein Z
fliefsen der erhitzten von der heifsen Zone nach den Po
bekannt, die eigentliche Weise dieser entgegengesetzten
mungen aber, namentlich ob sie über oder neben einand
finden, ob und wo beide wieder in einander fallen u
wiefern hierdurch Richtung und Stärke der veränder
Winde bedingt werden, ob endlich bei diesen letzteren
falls eine gewisse Regelmäfsigkeit besteht oder ob sie
von zufälligen und örtlichen Bedingungen abhängen,
dieses blieb noch immer in Dunkel gehüllt. Erst in den
sten Zeiten ist es den anhaltenden Bemühungen Dove's
lungen, hierüber genügendes Licht zu verbreiten und ein

1 Philos. Trans. T. XXXIX. p. 58.

h begründete, mit den zahlreichsten Phänomenen auf beiden misphären genau übereinstimmende Theorie der Winde auf- tellen. Weil aber diese mit dem von ihm gleichfalls defi- r bestätigten allgemeinen Drehungsgesetze der veränderli- n Winde der gemäfsigten Zonen im genauesten Zusammen- ge steht, so ist es am zweckmäfsigsten, ihre Darlegung bis s (§. 71) zu versparen.

14) Aus dem bisher Mitgetheilten geht hervor, dafs die änglich von Baco aufgestellte, durch Halley und haupt- ich Hadley verbesserte Theorie der Winde bis auf die ten Zeiten ohne wesentliche Veränderungen beibehalten k, denn bei weitem die meisten und gewiegtesten Physi- betrachteten die Ausdehnung der Luft durch Wärme als ursache dieser Luftbewegungen, und wenn es auch sehr lag, die Verminderung der Masse derjenigen elastischen gkeiten, welche unsere Atmosphäre bilden, durch Con- ung des vorhandenen Wasserdampfes bei der Bildung der meteore als eine Ursache der Luftbewegungen anzusehn, diese gleichfalls wieder eine Wirkung der Wärme und iernach mit jener Ursache zusammen. Die Axendrehung r Erde erschien diesemnach nur als eine die Richtung der llen Passatwinde veranlassende Bedingung. Zur Unter- ng dieser Behauptung wird es genügen, nur einige we- ltoritäten anzuführen. Dalton[1], welcher später[2] auf gründung einer vollständigen Theorie der Winde An- machte, ging nicht bedeutend weiter, als Hadley be- kommen war, obgleich er allerdings bemerkt, dafs die in der nördlichen Hemisphäre, die in Folge der vielen len Bedingungen völlig regellos seyn könnten, dennoch i der Hauptrichtungen der oberen und unteren Luftmas- igen, indem sie am einen Orte die Richtung zwischen N), am andern zwischen S und W annehmen, mit zufäl- ischen beiden liegenden Varietäten. G. G. Schmidt[3] t die Erklärung des Ursprungs der Winde unmittelbar an sultate seiner Versuche über das Strömen erhitzter Luft

---

[1] Meteorological observations and essays. Lond. 1793. 8.
[2] Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXVIII. p. 390. Poggendorff's Ll. 315.
[3] Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giess. 1826. S. 217.

in Röhren. Joh. Tob. Mayer
durch die Sonnenstrahlen als
deren Richtung dann durch v
gungen modificirt wird. W. I
reichen Bemerkungen über die
„unter den zahlreichen Ursache
„der Atmosphäre stören könn
„bringen, ist eine Ungleichhei
„fachste.“ Im Verfolge der Un
die Entstehung der Winde si
der Wärme zurückführen lass
völlige Windstille nur höchst
Behauptung, die vollkommen r
Winde mindestens eine gewi
gung voraussetzt, denn sonst
Luft, auch nur Minuten lang
schiedene Arten der Winde s
Vermehrung oder Verminderun
herer Beziehung, und die nä
die Temperaturveränderungen
mosphäre. Mit gewohnter B
sich Baumgartner[4] auch hier
Bewegungen der Luft zunächs
Ausdehnung hervorgebracht, u
fast immer durch die Tempera
turerhöhung an irgend einer S
und verdünnt, dadurch ein
säulen bewirkt, und dieses fü
Seite nothwendig herbei. Es
Bewegung, ein Aufsteigen, ein
und ein Wegströmen von di

---

1 Lehrbuch über die physische
Meteorologie. Gött. 1805. S. 219.

2 Beiträge zur Witterungskun

3 Grundsätze der Meteorologi

4 Die Naturlehre nach ihrem
Sechste Aufl. 1839. S. 711.

5 Auf diese Ursache führt a
Winde zurück. S. Silliman Amer.
New Phil. Journ. N. XXII. p. 288.

peraturverminderung bewirkt das nämliche, nur in umge-
er Richtung. Die Sonne erzeugt durch ihre erwärmende
unablässig solche Strömungen, und es sind daher jene
n der Erde, welche die gröfste Erwärmung erleiden, als
littelpuncte der Luftströmungen anzusehn. Diese Stellen
n wegen der Axendrehung der Erde in einem Parallelkreise
ie Erde herum und es mufs daher die Richtung der Strö-
n durch diese Ursache modificirt werden. So z. B. mufs
ufsteigende Luft, da sie die der gröfseren Höhe entspre-
e Geschwindigkeit der Umdrehung nicht hat, schief von
gen West aufsteigen, und der von Nord oder Süd kom-
Strom mufs, wenn er von einer gröfseren geographi-
Breite in einer kleineren anlangt, eine nordöstliche oder
liche Richtung annehmen. Bedürfte es noch einer wei-
Autorität, so würde es genügen, nur noch KÄMTZ[1] zu
, welcher die Entstehung der Winde im Allgemeinen
Einzelnen aus diesem einfachen Principe ableitet. Es
daher hier nur beiläufig erwähnt werden, dafs LAMPA-
die Elektricität als eine Ursache, namentlich der Stürme,
tet. Er sagt hier aber: „wenn ein Gewitter sich, wie
n sagen pflegt, in Sturm auflöst, so ist das nichts an-
als dafs die elektrische Materie, welche bis dahin in
n übersprang, nun ausströmt und die Lufttheilchen
h mit sich fortreifst.“ Allein dieses ist eine blofse, mit
halten der Elektricität überhaupt und namentlich der
tricität nicht einmal übereinstimmende Voraussetzung.

Die Erfahrung unterstützt sehr genügend die Hypo-
wonach die Ursache der Winde zunächst und haupt-
in partieller Erwärmung einzelner Luftmassen zu su-
. Wenn nicht schon beim Entstehen einer Feuersbrunst
s starker Wind weht, so erhebt sich derselbe während
uer und meistens mit zunehmender Stärke, auch ändert
ilen seine Richtung. Man mifst dieses meistens dem
bei, allein das Ereignifs zeigt sich zu oft, als dafs man
berechtigt seyn könnte, und aufserdem erzählt W. C.
D[3] einige Beispiele, wo durch das Verbrennen grofser

---

[1] Meteorologie. Th. I. S. 138. 210. 278.
[2] Schweigger's Journ. LXIX. 267.
[3] Aus Silliman Am. Journ. T. XXXVI. p. 50 u. 71 in Edinburgh
N. Journ. N. LIV. p. 369.

Massen von Holz bei der Ausrottung der Urwälder furchtb
Wirbelwinde erzeugt wurden. An einem absichtlich zur V
hütung weiterer Verbreitung des Feuers gewählten heiteren
windstillen Tage im Sommer 1824 liefs Dr. Cowles eine
gehäufte Masse trocknen Holzes verbrennen; Flamme und R
stiegen in Form eines mächtigen Kegels empor, man hörte
Brausen bis zu bedeutender Entfernung, und es erhob sich
gewaltsamer Wirbelwind, welcher starke Bündel Reisig
Plätzen, wo das Feuer nicht brannte, aufhob, hoch
Luft fortführte und aufserhalb der Grenze des brennenden
des wieder fallen liefs. Theodor Dwight beobachtete
April 1783 ein ähnliches Feuer zu Stockbridge. Der
menkegel, von einer weiten Basis ausgehend, erhob sich
150, ja 200 engl. Fufs Höhe, die Rauchsäule aber so
dafs das Auge ihr Ende nicht erreichen konnte, beide
ten stark und erzeugten ein Getöse, welches den Donner
übertraf; dabei entstand ein so starker Wirbelwind, dafs
hauene Bäume von 6 bis 8 Zoll Durchmesser vom
fortgerissen und zu 40 bis 50 Fufs Höhe emporgehoben
den. An einem warmen und windstillen Tage liefs W
Akin das sämmtliche Holz, welches auf einer 25 Ac
tenden Fläche abgeholzt war, in der Mitte auf einen
zusammenbringen und an allen Seiten anzünden. D
ergriff bald die ganze Masse in Folge der rund umher
Mitte hinströmenden Luft, die Flamme erhob sich wir
zu einer bedeutenden Höhe, die Rauchsäule aber so h
das Auge ihr Ende nicht erreichen konnte; dabei wa
auf etliche engl. Meilen weit hörbare Getöse dem
Donner bei Hagelwettern gleich, wurde aber durch
Explosionen unterbrochen; die erzeugte wirbelnde B
war weit stärker, als sie sich bei Winden zu zeigen
Bei dem grofsen Waldbrande, welcher im Herbst 18
Strecke von 140 engl. Meilen Länge und 70 Meilen B
Mirimachi in Neubraunschweig zerstörte, brannte das
einige Tage ruhig, es erhob sich dann aber plötzlich
tiger Westwind, welcher dasselbe so schnell vor sich h
dafs die beiden Städte Douglass und New-Castle gänzli
zehrt wurden, wobei mehrere Menschen und vieles Vi
kamen, ja selbst nicht schnell fliegende Vögel fanden ih
in den Flammen, in die sie getrieben wurden. Die

bis 200 Fuſs über die Spitzen der höchsten Bäume, und
er Höhe herab gesehn glich die Strecke einem wallenden
meere, welches ein ohne Zweifel noch groſsartigeres Schau-
darbot, als der berühmte Brand von Moscau. Ein Pächter
laware in Newyork versicherte mehrmals beim Verbren-
r ausgerotteten Bäume und Gesträuche Wirbelwinde be-
it zu haben, die Holzstücke und Zweige hoch aufzuhe-
mochten. Redfield selbst beobachtete einen entstehen-
irbelwind beim Verbrennen eines hölzernen Hauses, noch
er sah dieses aber B. L. Hamlen im August 1838, als
illten Holzschuppen des Yale-College zu Philadelphia
nten.

) Soll die Erwärmung der Luft durch die Sonnenstrah-
ie eigentliche, wenn gleich verschiedenen Modificatio-
erworfene Ursache der Winde gelten, so wird vor allen
erfordert, das Verhältnifs zwischen der durch diese Er-
; erzeugten Ausdehnung und der hierdurch bewirkten
egung aufzusuchen. Es ist dieses zwar bereits oben[1]
leicht faſsliche Weise geschehn, und dadurch die Ge-
gkeit der unter mittlerem atmosphärischem Drucke in
n Raum einströmenden Luft = 1210 und mit Rück-
den Feuchtigkeitsgehalt = 1215 Par. Fuſs in 1 Se-
ittlerer Sonnenzeit gefunden, hieraus zugleich auch die
ageschwindigkeit erwärmter Luftsäulen, je nach dem
de ihrer Temperatur und der der umgebenden Luft-
rechnet worden; inzwischen verdient hier noch eine sehr
behandlung dieses Problems mitgetheilt zu werden,
J. C. E. Schmidt[2] die Wissenschaft bereichert hat.

---

lrt. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 593. Beiläufig möge hier be-
n, daſs Hutton in seinen Tracts cet. T. III. p. 195. dieses
r einfach löst. Ist die Fallhöhe in 1 Sec. = g, die Höhe
H, so ist

$$\sqrt{g} : \sqrt{H} = 32 : x.$$

an

$$H = 2{,}5 \times 13{,}6 \times 833\tfrac{1}{3}$$

ist

$$\sqrt{16} : \sqrt{28333} = 16 : 1346$$

i.

buch der mathematischen und physischen Geographie. Gött.
. S. 332.

Das Urtheil dieses gewandten Mathematikers über das vo
gende Problem ist folgendes: „die Theorie der Winde im
„sammenhange mit den verschiedenen Barometerständen da
„stellen ist eine sehr schwierige Sache, und es dürfte
„jetzigen Zustande unserer analytischen Kenntnisse wohl
„unmöglich seyn, eine vollständige Auflösung dieser Au
„aufzustellen; denn obgleich wir zwar aus den Principien
„Hydrodynamik die Differentialgleichungen für die Bew
„von Flüssigkeiten, sie mögen elastisch oder tropfbar
„geben können, so sind wir doch nicht im Stande, a
„Differentialen die endlichen Gröfsen herzuleiten, und a
„wir in dieser Sache thun können, besteht darin, d
„durch geschickte Voraussetzungen, die der Natur des G
„standes so angemessen als möglich sind, uns die Re
„erleichtern, um wenigstens genäherte Resultate zu e
„die einigermafsen uns Anleitung geben, wie wir den
„menhang der Stärke des Windes mit dem Unterschi
„Luftdrucks und der Barometerhöhe zu betrachten haben
diesen Zweck zu erreichen, dienen die folgenden U
chungen.

Fig. 201. 17) Man nehme eine Röhre ABDC, die bei A
schlossen, bei BD offen und mit Luft angefüllt ist,
aus dem offenen Ende ausfliefsen kann. In der Mitte
liebig gestalteten Röhre befinde sich die centrische L
und es mögen dann alle in einem auf diese Linie se
Durchschnitte GHKL befindliche Lufttheilchen die
Geschwindigkeit $= v$ haben. Hat dieser Durchschnitt e
schwindende Dicke NM, so kann er als ein Element
masse gelten. Ist dann die Dichtigkeit der in der
findlichen Luft $= g$, die Grundfläche des Dur
$HG = y$, die Dicke MN desselben $= \partial s$, so ist
enthaltene Luftmasse $\partial m = \varrho . y \partial s$. Bezeichnet p d
druck auf eine als Einheit angenommene Fläche, und
sichtigt man, dafs dieser der Fläche dann proportion
ist der gegen die Fläche GH statt findende $= py$, w
im Allgemeinen eine Function des Bogens $EN = s$
wird der Druck auf die Fläche KL, da diese von gleich
als HG angenommen werden kann, durch $\left(p + \frac{\partial p}{\partial s}\right.$
ausgedrückt. Der erste Druck findet in der Richtung

te in der Richtung MN statt, und zieht man daher den
n vom ersten ab, so bleibt der Druck in der Richtung
$= -y.\frac{\partial p}{\partial s} = -y\partial p$ als die bewegende Kraft, welche
lement in Bewegung setzt. Wird diese durch die Masse
des Elements dividirt, so erhält man die bewegende
$= -\frac{\partial p}{\varrho \partial s}$, welches dem Differential der Geschwindigkeit,
t durch das Element der Zeit, oder $\frac{\partial v}{\partial t}$ gleich ist. Hier-
t die Gleichung für die Bewegung:

$$-\partial p = \frac{\partial v}{\partial t}.\varrho\partial s. \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

lcher die Geschwindigkeit v weggeschafft werden muſs,
Druck p am Ende der Röhre BD zu finden. Wird
genommen, die Luft habe in der ganze Röhre gleiche
keit, so läſst sich die Geschwindigkeit ihres Fortrückens
beliebigen Stelle finden, wenn sie an einer bestimmten
ist. Es sey daher OPDB das Element, welches zur
uszuströmen strebt und in der Zeit $t + \partial t$ ausgeströmt
wird OP in derselben Zeit nach BD gekommen seyn,
nach KL; ferner sey zur Zeit t die Dichtigkeit $= \varrho$,
$t + \partial t$ sey sie $= \varrho - \partial\varrho$, so muſs wegen der Gleich-
Luftmassen in den einzelnen Theilen und in der gan-
te

$$AHGC.\varrho = AKLC\ (\varrho - \partial\varrho),$$
$$AOPC.\varrho = ABDC\ (\varrho - \partial\varrho)$$

und man erhält

$$\frac{AOPC}{AHGC} = \frac{ABDC}{AKLC},$$

$$AOPC = AHGC + HKLG,$$
$$ABDC = AOPC + OBDP,$$

lie Gleichung

$$\frac{HKLG}{AHGC} = \frac{OBDP}{AOPC}, \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

die Elemente an verschiedenen Stellen der Röhre wie
r ihnen liegenden Volumina der Luft verhalten.

Ist dann ferner das veränderliche Volumen AHGC = der ganze Inhalt der Röhre = A (wofür mit Weglassung verschwindenden Elementes die Gröfse AOPC genommen den kann), die Geschwindigkeit, womit das Element BD ausströmt, = u, der Querschnitt BD = n, so hat man

$$OBDP = QF.n = nu.\partial t,$$
$$HKLG = NM.y = yv.\partial t,$$

folglich, diese Werthe substituirt und ∂t weggelassen,

$$\frac{yv}{Y} = \frac{nu}{A} \text{ und } v = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y}.u \quad \ldots\ (3)$$

Durch Differentiation ergiebt sich:

$$\partial v = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y}.\partial u + \frac{n}{A}.u.\partial.\frac{Y}{y},$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{n}{A}.u.\partial.\frac{Y}{y} \cdot \frac{1}{\partial t}.$$

Es ist aber $NM = \partial s = v\partial t$, also $\frac{1}{\partial t} = \frac{v}{\partial s}$, oder wenden Werth von v aus der Gleichung (3) substituirt,

$$\frac{1}{\partial t} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{u}{\partial s},$$

und es wird also, weil

$$\frac{Y}{y}\partial\left(\frac{Y}{y}\right) = \tfrac{1}{2}\partial.\left(\frac{Y}{y}\right)^2,$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \cdot \frac{Y}{y} + \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2\partial s}.\partial.\left(\frac{Y}{y}\right)^2.$$

Dieser Werth in die Gleichung (1) substituirt giebt:

$$\partial p = -\varrho.\frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \cdot \frac{Y\partial s}{y} - \varrho\frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2}.\partial.\left(\frac{Y}{y}\right)$$

Um den Druck bis zu einem bestimmten Werthe von s halten, mufs man die Gleichung von $s = 0$ bis zu stimmten Werthe von s integriren, und erhält also:

$$p = C - \varrho\frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \cdot \int\frac{Y\partial s}{y} - \varrho\frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \left(\frac{Y}{y}\right)$$

weil die Gröfsen ϱ, $\frac{\partial u}{\partial t}$, u, die blofs rücksichtlich veränderlich sind, hier als beständig gelten können. stimmung der Constante sey p' der Druck, welcher d

it ϱ im Innern der Röhre entspricht, wonach $p = p'$, wenn
0 ist. Da ferner Y oder das Volumen $= \int y \partial s$ ist, so
für einen sehr geringen Werth von s dieses Integral $= ys$,
nan hat

$$\int \frac{Y \partial s}{y} = \tfrac{1}{2} s^2; \quad \left(\frac{Y}{y}\right)^2 = s^2.$$

Gröfsen werden $= 0$ für $s = 0$, folglich bleibt $p' = C$
nan erhält

$$= \varrho \frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \int \frac{Y \partial s}{y} + \varrho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \left(\frac{Y}{y}\right)^2 \ldots\ldots \quad (4)$$

das Integral, welches sich in jedem gegebenen Falle dar-
läfst, sobald die Gestalt der Röhre bekannt ist, auf die
Röhre ausgedehnt und durch B bezeichnet, so wird $Y = A$
$= n$, also

$$\frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{Y^2}{y^2} = 1.$$

die Luft in einen Raum aus, welcher mit Luft von der
keit $= \varrho^0$ und unter dem Drucke $= p^0$ erfüllt ist, so
$p = p^0$; $Y = A$; $y = n$; $\int \frac{Y \partial s}{y} = B$, und man er-

$$p' - p^0 = \varrho \frac{nB}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \varrho \frac{u^2}{2}, \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

die Geschwindigkeit u der ausströmenden Luft als
der Zeit t gefunden werden kann. Die Gröfsen p'
lassen sich durch ϱ und ϱ^0 ausdrücken, wenn man
p und $p^0 = k \varrho^0$ bezeichnet, worin k eine beständige
t. Hierdurch wird die vorhergehende Gleichung

$$(\varrho - \varrho^0) = \varrho \frac{nB}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \varrho \frac{u^2}{2} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Gleichung zu integriren, mufs ϱ durch u und t aus-
werden. Ist aber ϱ die Dichtigkeit der ausströmenden
Zeit t und $\varrho + \partial \varrho$ zur Zeit $t + \partial t$, so ist $A\varrho$ die
in der Röhre zur Zeit t, und $A(\varrho + \partial \varrho)$ zur Zeit
der Unterschied $= -A \partial \varrho$ giebt die in der Zeit ∂t
ene Luftmenge, und wenn u die Geschwindigkeit der
nden Luftmasse bezeichnet, so ist jene $= \varrho n u \partial t$.
ist

$$A\partial\varrho = -\varrho n u \partial t.$$

Es sey dann A^0 der Inhalt des Raumes, in welchem sich Luftmasse ausbreitet, ihre Dichtigkeit hierin zur Zeit t sey = so ist $A^0\varrho^0$ die in diesem Raume enthaltene Luftmasse. aber keine Luft entweichen kann, so ist die Summe de beiden Räumen enthaltenen Luftmassen $= A\varrho + A^0\varrho^0$ constante Gröfse, und wenn die mittlere Dichtigkeit beider einten Luftmassen durch Δ bezeichnet wird, so erhält m

$$A\varrho + A^0\varrho^0 = (A + A^0)\Delta,$$

worin Δ eine beständige Gröfse ist. Hieraus ergiebt sich:

$$\varrho^0 = \frac{A+A^0}{A^0}\Delta - \frac{A}{A^0}\varrho.$$

Dieser Werth in die Gleichung (6) substituirt giebt

$$k\frac{A+A^0}{A^0}(\varrho - \Delta) = \varrho\left(\frac{nB}{A}\cdot\frac{du}{\partial t} + \frac{u^2}{2}\right).$$

Diese differentiirt und durch $\varrho\partial t$ dividirt giebt

$$k\frac{A+A^0}{A^0}\cdot\frac{\partial\varrho}{\varrho\partial t} = \frac{\partial\varrho}{\varrho\partial t}\left(\frac{nB}{A}\cdot\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u^2}{2}\right) + \frac{nB}{A}\cdot\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

Die Gleichung $A\partial\varrho = -\varrho n u \partial t$ giebt aber $\frac{\partial\varrho}{\varrho\partial t} =$ wenn dieses substituirt und mit A multiplicirt wird, hält man

$$-k\frac{A+A^0}{A^0}un = -un\left(\frac{nB}{A}\cdot\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u^2}{2}\right) + nB\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

Multiplicirt man diese Gleichung mit ∂u, und setzt man $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{w\partial w}{\partial u}$, so erhält man

$$nB.w\partial w = u\partial u\left(\frac{n^2B}{A}w + \frac{nu^2}{2}\right) - u\partial u.Aw - k\frac{A+A^0}{A^0}$$

Setzt man ferner $\frac{u^2}{2} - k\frac{A+A^0}{A^0} = x$ und $\frac{n^2B}{A} - A =$ wird $u\partial u = \partial x$ und

$$nBw\partial w = (Ew + nx)\,dx \quad \ldots\ (7)$$

Denken wir uns dann ein prismatisches oder cylindrisch fäfs, aus dessen Grundfläche die Luft strömt und bei w die centrische Linie die Axe bildet; bezeichnen wir fe an allen Stellen gleich grofsen Durchschnitte durch n, di der Axe durch l, so wird

$$\int y\partial s = Y = ns;\ A = nl;\ \int \frac{Y\partial s}{y} = \tfrac{1}{2}l^2 = B.$$

durch verwandelt sich der eben gefundene Werth von $-\frac{1}{2}nl$, und dieser Werth in die Gleichung (7) substi-
giebt

$$\tfrac{1}{2}l^2 w\partial w = (x - \tfrac{1}{2}lw)\,\partial x.$$

n wir $2x + lw = \xi$; $x - lw = \xi'$, und substituiren wir
raus sich ergebenden Werthe in die vorige Gleichung,
rd

$$\xi\partial\xi' + 2\xi'\partial\xi = 0.$$

ficirt man diese Gleichung mit ξ, so erhält man ein voll-
es Differential $\partial.\xi^2\xi'$, dessen Integral

$$\xi^2\xi' = c^3$$

wo c^3 die vollständige Constante ist. Setzt man für
ξ ihre Werthe, so erhält man

$$(2x + lw)^2\,(x - lw) = c^3. \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

n A den inneren und A^0 den äufseren Raum bezeichnet,
d unter der Voraussetzung, dafs A^0 gegen A sehr grofs
$\frac{l + A^0}{A^0}$ sehr nahe $= 1$. Wir dürfen ferner annehmen,
e Dichtigkeit der äufseren Luft ϱ^0 constant sey, und es
nn der oben angenommene Ausdruck für x in folgen-
r:

$$x = -k + \tfrac{1}{2}u^2.$$

n im Anfange der Zeit t die Geschwindigkeit der aus-
den Luft $u = 0$ ist, so wird $x = -k$, und es sey
her Zeit $w = w'$. Dieser Werth in die Gleichung (8)
ht giebt

$$(-2k + lw)^2.\,(-k - lw') = c^3.$$

Geschwindigkeit, welche die ausströmende Luft ver-
s Unterschiedes der Dichtigkeit annimmt, immer sehr
eibt, so wird u^2 gegen k eine sehr kleine Gröfse seyn.
an daher $u^2 = 2\mu k$, so können die höheren Potenzen
rnachlässigt werden, und es ist

$$x = -k + \tfrac{1}{2}u^2 = -k\,(1 - \mu).$$

Werth von x in die Gleichung (8) substituirt, die
Potenzen von μ weggelassen, erhält man

$$+ 12k^3\mu + 3kl^2w^2 - 3k\mu l^2w^2 - l^3w^3 = c^3 \quad \ldots. \quad (9)$$

Für den Anfang der Bewegung ist $u = 0$, also auch $\mu =$ und da dann $w = w'$ seyn soll, so erhält man

$$c^3 = -4k^3 + 3k l^2 w'^2 - l^3 w'^3.$$

Die Gleichung (6) zeigt ferner, dafs, wenn ϱ' den Werth zu Anfang der Bewegung bezeichnet, der Werth von $\frac{\partial u}{\partial t} =$ zu derselben Zeit durch die Gleichung

$$k(\varrho' - \varrho^0) = \varrho' \cdot \frac{nB}{A} w'$$

ausgedrückt wird, weil dann $u = 0$ ist. In unserem Falle $\frac{nB}{A} = \frac{1}{2}$, also

$$lw' = 2k \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho'},$$

und da $\frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho'}$ ein kleiner Bruch ist, dessen höhere Po vernachlässigt werden können, so wird, wenn wir de durch α bezeichnen,

$$c^3 = -4k + 12k^3\alpha^2.$$

Der Analogie gemäfs können wir $lw = 2k\delta$ setzen, im Allgemeinen noch kleiner als α und eine verän Gröfse ist, und dann verwandelt sich die Gleichung Weglassung des Cubus von δ in

$$-4k^3 + 12k^3\mu + 12k^3\delta^2 - 12k^3\mu\delta^2 = c^3,$$

und wenn wir hierin den eben gefundenen Werth von stituiren, so kommt

$$\mu + \delta^2 - \mu\delta^2 = \alpha^2.$$

Bleibt hierin das Glied $\mu\delta^2$ wegen seiner Kleinheit weg

$$\delta = \gamma(\alpha^2 - \mu).$$

Es war aber $u^2 = 2\mu k$, also $u = \gamma 2\mu k$ und $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \mu}{\partial t}$ folglich

$$lw = l\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \mu}{\partial t} \cdot l\gamma\frac{k}{2\mu},$$

und da $lw = 2k\delta$ ist,

$$\delta = \frac{\partial \mu}{\partial t} \cdot \frac{l}{2k} \gamma\frac{k}{2\mu}.$$

Setzt man diesen Werth in die obere Gleichung für δ, so

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} \cdot \frac{l}{2k} \gamma\frac{k}{2\mu} = \gamma(\alpha^2 - \mu),$$

hieraus

$$\partial t \cdot \frac{2\sqrt{2k}}{l} = \frac{\partial \mu}{\sqrt{(a^2\mu - \mu^2)}}.$$

Gleichung integrirt giebt

$$t\frac{2\sqrt{2k}}{l} = \text{Arc.}\left(\text{Sin.} = \frac{\mu}{a^2}\right),$$

eine Constante nöthig ist, da für $\mu = 0$ auch $t = 0$ wird. st man auf beiden Seiten den Sinus, so giebt dieses

$$\mu = a^2 \,\text{Sin.}\, t\frac{\sqrt{2k}}{l},$$

$\mu = \frac{u^2}{2k}$, $a = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}$ ist,

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}\sqrt{2k\,\text{Sin.}\, t\frac{\sqrt{2k}}{l}}.$$

Maximum für diesen Ausdruck findet dann statt, oder die Windigkeit wird dann am gröfsten, wenn der Sinus $= 1$ nd hierfür wird also

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}\sqrt{2k} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

er nimmt das specifische Gewicht des Quecksilbers gegen Luft bei 0° C., gleich 10506 : 1 an, und hiernach be- die Höhe der Atmosphäre bei überall gleicher Dichtigkeit Zoll oder $2\frac{1}{2}$ Fufs Barometerhöhe $2\frac{1}{2} \times 10506 = 24514$ ufs. Hiernach ist also $k = 24514$. g Par. Fufs, und wenn 0,11 Par. Fufs angenommen wird, so ist $\sqrt{2k} = 1215$ Par. dieselbe Gröfse, welche oben[1] auf einem anderen Wege alls gefunden worden ist.

3) Wird die Dichtigkeit der Luft blofs durch den Baro- tand bestimmt, so kann man in der Formel (10) statt ϱ ie Barometerhöhe $= p$ substituiren, und erhält in die- alle

$$u' = \frac{p' - p^0}{p^0}\,1512 \text{ Par. Fufs.}$$

also die Barometerstände an zwei Orten 336 und 324 inien, so würde dieses einer Geschwindigkeit von 45 Fufs ec. zugehören; kommt aber der Einflufs der ungleichen

---

[1] S. Art. Pneumatik. Bd. VII. S. 593.

Wärme hinzu, so wächst die Geschwindigkeit bedeutend. Nach Kämtz beträgt daher für die genannten Barometerstände, wenn dem höheren eine Wärme von 0°, dem niedrigern von 10° zugehört, und diesem gemäfs die Werthe von φ' und φ^0 bestimmt werden,

$$u' = \frac{336-312}{312} \cdot 1215 = 93 \text{ Fufs},$$

woraus zugleich folgt, dafs auch bei gleichen Barometerständen aber ungleicher Temperatur, ein Wind entstehen kann, was sich aus den angegebenen pneumatischen Gesetzen von selbst ergiebt. Für den angenommenen Temperatur-Unterschied würde, φ' gesetzt, $\varrho^0 = 0{,}96$ werden und die Formel eine Geschwindigkeit von 28 Fufs geben.

Es liefse sich hier noch die Betrachtung des neuerdings durch Dove aufgefundenen *allgemeinen Drehungsgesetzes* der Winde anreihen, da dasselbe sich aber nicht sowohl auf die Entstehung, als vielmehr auf ihre Richtung bezieht, so verspare ich diese Untersuchung bis weiter unten.

B. Verschiedene Arten der Winde.

Man kann, wie dieses durch Kämtz geschehen ist, die Winde in regelmäfsige und unregelmäfsige abtheilen, allein es scheint mir kein genügender Grund vorhanden zu seyn, von der älteren Abtheilung abzuweichen, wonach man den beständigen Passatwind, die periodischen Winde und die veränderlichen unterscheidet. Es werden hier einige allgemeine Bemerkungen über die verschiedenen Arten der Winde genügen.

19) a) Die *Passatwinde* (vents alizés; *trade winds*) konnten den Alten wegen ihrer beschränkten Schifffahrt nicht bekannt seyn. Bekanntlich aber litt Columbus bedeutend von dieselben bei seiner ersten Rückkehr von Westindien nach Europa, und seitdem sind sie durch die zahlreichen Seereisen viel beobachtet worden, Halley aber gab von ihnen die erste mitgetheilte Erklärung. Es ist dieses der beständige Ostwind der äquatorischen Zone, welcher sich jedoch nicht genau in diesen Grenzen hält, sondern im Ganzen zwischen 5° bis 30° N. B. und 1° bis 25° S. B. wehet, was wohl als eine Folge der Gestalt der Erdoberfläche zu betrachten ist, die auf der nördlichen Halbkugel eine ungleich gröfsere Ländermasse

t[1]. Absolute Regelmäfsigkeit und stete gleichmäfsige Beenheit dieses Windes könnte nur dann statt finden, wenn Erde überall mit Wasser bedeckt wäre und die Sonne ihre ination nicht änderte; unter den wirklich vorhandenen Beingen aber mufs derselbe vielfache Abweichungen von der meinen Regel zeigen. Genau mit der Theorie übereinend ist die Erfahrung, dafs der Passatwind an seinen en auf der nördlichen Halbkugel eine nordöstliche, auf üdlichen eine südöstliche Richtung annimmt und unter Aequator selbst, wo beide Polarströme zusammenstofsen le erhitzte Luft stark aufwärts strömt, fast in Windstille dt; auch folgt hieraus unmittelbar, dafs die oben wieder ende Luft aus gleichen, aber entgegengesetzt wirkenden ben auf der nördlichen Halbkugel eine südwestliche, auf idlichen eine nordwestliche Richtung annehmen müsse[2], nur auf sehr grofsen Meeren findet man die hieraus herende regelmäfsige Luftbewegung, die über kleineren rflächen und noch mehr über dem Lande mannigfaltig irt wird.

us dem Gesagten folgt, dafs wir zwei Passate, den dlichen auf der nördlichen und den südöstlichen auf der en Halbkugel, haben müssen, zwischen beiden aber liegt one, wo oft Windstille herrscht (*region des calmes*), die higen Orkanen, hauptsächlich den *Tornados* oder *Tro*der Spanier, abwechselt. Die Grenzen der Passate und ischen ihnen liegenden Zone der Windstillen würden ts gleich bleiben, wenn die Sonne sich stets im Aequawegte, allein wegen ihrer veränderlichen Declination sich auch jene, und die Seefahrer treffen daher die in den verschiedenen Jahreszeiten unter ungleichen hen und südlichen Breiten, wobei noch aufserdem zu ichtigen ist, dafs eine gewisse Zeit erfordert wird, bis nderung der Sonnen-Declination eine Verrückung der n der Passate nach sich zieht; die absolute Gröfse dieser kungen schätzt Kämtz[3] im grofsen Ocean zu 3 bis 4 uf jeder Seite, über anderen Meeren sind sie ungleich be-

---

Genauere Bestimmungen hierüber werden im Abschn. E, *geograph. ng der Winde*, mitgetheilt werden.

Vergl. Daniell Meteorol. Essays. p. 102.

Meteorologie. Th. I. S. 180.

deutender, wie später gezeigt werden soll. Der Natur d
Sache nach müssen die Passate in der Mitte zwischen i
äufsersten Grenzen hinsichtlich ihrer Richtung und Stärke
regelmäfsigsten seyn, und die Schiffer suchen daher nam
im atlantischen Ocean auf den Reisen nach America bald
Gegend zu erreichen, weswegen sie von Madeira aus s
steuern, um in den Theil des Meeres zu gelangen, welch
Spanier wegen der Leichtigkeit der Schifffahrt den Golf
Damen (*Golfo de las Damas*) nennen, und wo wegen
fast gleichbleibender Temperatur in der Regel ohne
brechung heiterer Himmel herrscht. Unter die vorzüg
Hindernisse der regelmäfsigen Passate gehören die Küste
dem einfachen Grunde, weil diese auf die Temperatur
bedeutenden Einfluſs haben, was schon Musschenbroek[1]
führlich erläutert hat. Unmittelbar an den Küsten selbst
die Passate nicht, weil daselbst die See- und Landwinde
schen, vielmehr treten sie erst in ungleicher Entfernung
denselben ein. So trifft man sie unter andern an der O
Africa's schon 15 Meilen, an der Westküste America's ab
Mexico erst 50 Meilen, bei Peru aber erst 100 Meilen
derselben an, und an der Westküste Südafrica's soll soge
vom Vorgebirge der guten Hoffnung nach dem Palmen-C
zogene Linie ungefähr die Ostgrenze des Passats bezeich
Im groſsen Ocean endlich sind sie am regelmäfsigsten, w
auf einer langen Strecke durch keine gröfsern Länder
modificirt werden. Ausgedehnte Ebenen und Küsten,
diese letzteren obendrein eine den Passaten parallele R
haben oder einen nicht groſsen Winkel mit ihnen bilden
einen bleibenden Einfluſs auf dieselben aus, weil sich d
peratur über den am Meere gelegenen Küsten in den v
denen Jahreszeiten nur wenig und nur langsam ändert.

20) Wir haben bisher die Hauptursachen der Win
Allgemeinen und der Passate im Besondern, nämlich Ung
heit der Temperatur und Axendrehung der Erde, in ihre
fachsten Gestalt betrachtet, und es unterliegt keinem Z
daſs diese wirklich als solche gelten dürfen; zugleich abe
es in der Natur der Sache, daſs noch eine Menge andere

1 Introd. ad phil. nat. T. II. §. 2558.
2 Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 207.

nder Bedingungen hinzukommen, die einen sehr bedeu-
s Einfluſs ausüben, weswegen es für einzelne gegebene
nicht selten sehr schwer und fast unmöglich ist, die
s entstehenden Anomalieen zu entwirren und die Er-
ungen naturgemäſs zu erklären. Vorzüglich haben Do-
Untersuchungen Licht über dieses dunkle Problem ver-
. Denken wir uns die Sonne im Aequator und die ihren
chten Strahlen ausgesetzten Luftmassen erwärmt, wodurch
steigen und den seitwärts in sie einströmenden Platz
, so entsteht hieraus auf der einen Seite der NO.-, auf
dem der SO.-Passat. Da, wo beide zusammenstoſsen,
Windstille, mit Stürmen abwechselnd, entstehn, welches
mit dem Verhalten einer Lichtflamme vergleicht, nach
r von allen Seiten her die Luft hinströmt. Hieraus ent-
on selbst eine äuſsere und eine innere Grenze der beiden
mit einem Zwischenraume, welchen die Seefahrer die
d *der Windstillen* oder der *veränderlichen Winde* nen-
Wären keine sonstigen Einflüsse hierbei wirksam, so
diese Zone stets von gleicher Breite und rücksichtlich
rtes unveränderlich seyn; der Erfahrung nach wechseln
ide, und es lassen sich auch die Ursachen auffinden,
en daselbst nicht bloſs Windstillen, was am einfachsten
sondern auch veränderliche, der Richtung nach den
sogar entgegengesetzte, Winde wehen, so wie sich
inder auch diejenigen Bedingungen leicht darbieten,
bewirken, daſs die Breite dieser Zone gleichfalls wechselt
) Die erste und wesentlichste mitwirkende Ursache liegt
veränderlichen Declination der Sonne, wodurch die Zone
ksten Hitze jährlich einmal nördlich und einmal südlich
zweimal aber mit dem Aequator zusammenfällt. Hier-
llt die Zone der Windstillen zur Zeit des Sommer-
ns in den Wendekreis des Krebses und geht dann zum
reise des Steinbocks wieder zurück, wobei im ersten Falle
mungen des SO.-Passates bis über den Aequator hinaus
en, im letzteren aber die des NO.-Passates bis zur süd-
Halbkugel gelangen. Hierbei bietet indeſs die Zeitdauer,
is zum Eintritt der stärksten Erwärmung erfordert wird,
s Hindernis dar, wozu noch kommt, daſs die Räume, in

---

oggendorff's Ann. Th. XXI. S. 177 ff.

welche die strömenden Luftmassen gelangen, wegen der Kug
gestalt der Erde stets kleiner werden, wenn die Strömung v
Aequator nach den Polen hin statt findet, dagegen aber im u
gekehrten Falle sich stets vergrößern. Außerdem muß a
die einmal statt findende Bewegung der Passate den nörd
oder südlich fortrückenden Luftmassen ein Hinderniß entge
stellen. Endlich kann die Zone der Windstillen nicht
dem astronomischen Aequator zusammenfallen, sondern viel
mit einem *thermischen*, welcher im Allgemeinen nö
vom Aequator liegen[1], zugleich aber durch den Einfl
Landes bedeutende Einbiegungen erhalten muß. So w
unter andern die ausgedehnten Ebenen Africa's anziehend
ken, die Hochgebirge Südamerica's aber abstoßend, wi
nähert sich daher aus beiden zusammenwirkenden Ur
über diesem Theile der Erde dem Nordpole, indem der Ei
der Jahreszeiten hierdurch zugleich vermindert wird. Als
gleichfalls bedingenden Umstand betrachtet Dove die ung
Größe der Parallele, in welche die NO.- und SO.-P
gelangen, wenn sie den Aequator überschreiten, indem m
Abnahme dieser Parallele auch die Rotationsgeschwind
kleiner wird und somit die Richtung des Südost-Pass
eine südwestliche, des nordöstlichen aber in eine nordwe
übergehn muß. Inzwischen ist, die Länge eines Gra
Aequator zu 15 Meilen angenommen[2], die des Pa
unter 23° Breite = 13,802, der Unterschied beider
daher nur nahe 0,08 und kann daher auf die erlangte Ro
geschwindigkeit keinen bedeutenden Einfluß ausüben
allem diesem geht hervor, daß durch die angegebenen U
außer den beständigen Winden auch periodische
müssen, die zwar mit den Passaten zusammenfallen, abe
noch eine besondere Betrachtung verdienen.

22) b) Zu den *periodischen Winden* gehören vo
weise die *Moussons* oder *Monsoons* der Engländer, W
welche einen Theil des Jahres anhaltend nach einer,

---

1 Aepinus in Cogitationes de distributione caloris per telluren
das Wärmeverhältniß der beiden Halbkugeln wie 14:13, Pari
Journ. de Phys. 1791, Gren's Journ. d. Phys. Th. VII. S. 88, wo
und hiernach soll die innere Grenze des NO.-Passates in 4° N. B.
daselbst aber mit dem SO.-Passate zusammentreffen.

2 Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 935.

n nach einer verschiedenen, zuweilen entgegengesetzten, tung wehen, in den Zwischenzeiten aber mit Windstillen Stürmen abwechseln. Nach Forrest[1], Capper[2] und An- kommt diese Benennung vom malayischen Worte *Mussim*, eit, her, nach Marsden[4] bezeichnet das Wort *Mussim* die Griechen nannten auf gleiche Weise die auf dem ländischen Meere herrschenden Winde *Etesien*, von ἔτος ahr, eigentlich ἐτήσιοι βορέαι, die in den Hundstagen den Nordwinde, welche die Hitze abkühlten[5], doch be- et Arrian[6] dadurch auch den NO.-Passat an der Süd- Asiens. Kämtz[7] bemerkt, dafs die Griechen zur Zeit ander's die indischen Moussons nicht wohl kennen konn- weil Nearchus vom Indus bis zum persischen Meerbusen schwerliche Küstenfahrt machte. Später fuhr Hippalus egypten nach Indien mit Benutzung dieses Windes, wel- ann nach seinem Namen genannt wurde[8]. Nach den ge- Untersuchungen, welche Ideler[9] über die Meteorologie ten angestellt hat, scheinen ihnen die periodischen Winde natorischen Zone gänzlich unbekannt gewesen zu seyn. cieller Beziehung auf die Moussons wären diese vielleicht abeachtet geblieben, wenn sie sich nicht im indischen so hervorstechend charakteristisch zeigten. Uebrigens die auf dem mittelländischen Meere herrschenden Nord- füglich als den Passaten zugehörig betrachtet werden, sie durch das Eindringen der kalten Nordluft in die e südliche entstehn, nach Dénon[10] in den Sommer- n anhaltend herrschen und mit Stürmen wechseln. Sie ten sich nach Olivier[11] bis zum Archipelagus und

---

On Monsoons. p. 95.
On the Winds and Monsoons. Lond. 1801. Vergl. Bibl. Brit. I. p. 318.
Lichtenberg zu Erxleben's Naturl. §. 717.
History of Sumatra. p. 15.
Aristoteles Problem. L. XXVI. p. 2. Herodot L. II. c. 20.
Anab. L. VI. c. 23.
Meteorol. Th. I. S. 167. Nach Robertson history of Scotland torical disquisition concerning ancient India. Frankf. 1828. p. 529.
Periplus mar. eryth. p. 32. Plin. H. N. L. VI. c. 23.
Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum. Berol. 1832.
Voyage. p. 12.
Turquie. T. II. p. 294.

sind auch auf Creta die herrschenden, wo im November, D
cember und Januar fast ohne Unterbrechung Südwinde weh

23) Aus dem, was über die Passate gesagt worden ist, g
von selbst hervor, dafs der durch den Unterschied der Sonnenh
veranlafste Wechsel ihrer Grenzen in Verbindung mit and
localen Ursachen im Stande sey, die regelmäfsigen periodis
Winde zu erzeugen. Ueberhaupt lassen sich nach Dove
Beziehung auf diese Winde folgende Resultate erwarten.
Gemäfsheit der stets zur Erzeugung der Winde wirkenden
sachen erhalten wir zuerst die *Gegend der Windstillen* zwi
beiden Passaten, mit den stärksten tropischen Regen, w
zwei sich an einander schliefsende Regenzeiten herrsch
der Ostwind als Folge beider Passate noch kenntlich
An diese grenzen zweitens die beiden *Passatzonen*, mit
dauernden Passaten, welche letztere mehr zur östlichen R
tung übergehn, wenn die Sonne höher steht, in welchen
dann zugleich Niederschläge erfolgen. An den äufseren G
zen beider liegen drittens die subtropischen Zonen, mit Wi
regen in Folge der herabkommenden Westwinde und
trockner Witterung, wenn sich im Sommer die Passate
ihnen erstrecken. Die Lage dieser drei Zonen wird durch
thermischen Aequator bedingt. Die erste derselben ist
schmal und zeigt sich völlig ungestört vielleicht nirgends
zweite erstreckt sich auf der nördlichen Halbkugel über
atlantischen Oceane vom 15ten bis 24sten Grade N. Br
dem Ineinandergreifen der Gegenden der Windstillen und
Zonen constanter Passate leitet Dove zwei Classen von
den ab, zuerst die der intermittirenden, wenn ein P
Jahre mit der Zeit der Windstillen wechselt, also ein
stante Windrichtung einige Zeit ohne entgegengesetzte
unterbrochen wird und dann die Zeit der Wolken und
Regens giebt, wie v. Humboldt dieses beschrieben hat,
zweitens die intermittirenden, wenn beide Passate mit ein
wechseln. Diese Erscheinung zeigt sich am reinsten bei
indischen Moussons, minder bestimmt bei den Westwin
unter der Linie im atlantischen Meere. Durch die

1 Sieber Creta. Th. II. S. 31.
2 Poggendorff's Ann. Th. XXI. S. 192.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. VIII. p. 179.

's wird der NO.-Passat so weit nördlich gerückt, dafs
lem Aequator vom Juni bis September Regen bringende
und WSW.-Winde bis zu den capverdischen Inseln
m.

) c) Zu den beständigen Winden gehören ferner die
und *See-Winde*, schwache Winde, welche von den
n *Brisen* (brise; *breeze*) genannt werden. Die Ent-
derselben folgt unmittelbar aus dem als allgemein auf-
n Grundsatze. Bei Tage wird die Luft über den Küsten
ilandes und vorzüglich der Inseln stark erwärmt, steigt
n die Höhe und die kältere über dem Meere dringt in
ein; bei Tage wehet also der Wind dem Lande zu,
t Seewind. Während der Nacht findet das Gegentheil
e Luft über dem Meere kühlt sich weniger ab, die vom
ringt in sie ein und es entsteht Landwind; zwischen
Wechseln aber tritt Windstille ein. Dieser periodische
eigt sich an allen Küsten, wenn nicht starke herrschende
sein Entstehen hindern, denn er ist nur schwach, dringt
eit in das Land ein und entfernt sich gleichfalls nicht
n den Küsten. Sowohl der eine als auch der andere
anfangs schwach beginnen und erst später ihre gröfste
reichen, die aber, nach der oben (§. 18) angegebenen
berechnet, überhaupt nicht sehr bedeutend seyn kann.
len vorzugsweise in den heifseren Gegenden gefunden,
Unterschied der Temperaturen am gröfsten ist und zu-
ine starken Winde herrschen. Marsden[1] beobachtete
er Insel Sumatra, Semeyns[2] zu Batavia, Le Gentil[3]
ibery, nach Caldcleugh[4] fängt der Landwind zu
iro erst spät Abends, zuweilen sogar nach Mitternacht
dauert bis Morgens 8 Uhr, nach Koster[5] aber wehet
mbuco von 9 Uhr Morgens bis Mitternacht der See-
licher die Hitze sehr mildert; während der übrigen
eht Landwind und zwischen beiden tritt Windstille
i die Hitze am gröfsten ist, verschiedener anderer

---

ory of Sumatra. p. 18.
handelingen uitg. door de Hollandse Matschappy to Haarlem.
5.
ge. T. I. p. 480.
en im Südmeere. Weim. 1816. S. 15.
n in Brasilien. Weim. 1817. S. 20.

Nachrichten nicht zu gedenken[1]. Vorzugsweise findet diese Winde in vollkommen regelmäfsigem Wechsel zu demjenigen Striche der äquatorischen Zone, wo zugleich W stillen oder schwache Passate herrschen, doch zeigen sie auch zuweilen unter mittleren Breiten. Unter Andern fand Sieber[2] auf Creta, Seignette[3] zu Marseille, und Bla weiset nach, dafs er sich an vielen Orten Italiens findet. I hat bei heiterem Wetter fast an allen Tagen Morgens L wind, Mittags und Abends Südwind, wobei der nördli weilen bis Mittag dauert, zuweilen sich schon des Abend der zeigt, Mittags aber südlich und westlich, zuweil südöstlich wird. Minder häufig trifft man diesen regel Wechsel zu Bologna, nämlich am Morgen West, Mitt Abends Ost, und ebenso geben die Beobachtungen für Morgens Nordwind, Mittags und Abends Süd- und We als vorherrschend. Selbst unter höheren Breiten findet Spuren derselben, wie z. B. Reyger sie zu Danzig wa und *Unterwinde* nennt, weil sie blofs den unteren Luft ten zugehören, ja sogar an Grönlands Ostküste glaubt Resby[5] einen solchen Wechsel anzutreffen.

25) Einige minder bekannte Thatsachen hat Kämt sammengestellt, um zu zeigen, dafs durch ungleiche mung der Luft das Einströmen der kälteren Masse wärmeren allezeit statt finden und sich durch die Ric entstandenen Winde zeigen müsse, wenn nicht aus meistens entfernteren, Ursachen die Luft bereits in e Bewegung gesetzt ist, so dafs partiell mit gering wirkende diese nicht überwinden können. Die einfa her gehörige Erscheinung zeigt sich nach meiner An mittleren Breiten sehr häufig, indem man an sehr heit und bei ruhiger Luft an den Seiten dicht bewachsen einen aus diesen mit gröfserer oder geringerer, all bemerkbarer, Geschwindigkeit sich bewegenden Wind nehmen pflegt; eine Umkehrung dieser Richtung wä

1 Vergl. Romme Tableaux des Vents cet.
2 Reise nach Creta. Th. II. S. 30.
3 Ephemer. Soc. Met. Palat. 1782. p. 501.
4 Beiträge zur Witterungskunde. S. 135.
5 Reise auf d. Wallfischfang. S. 247.
6 Meteorologie. Th. I. S. 171 u. 210.

habe ich nie wahrgenommen, und dieses ist auch der der Sache nach nicht wohl möglich. Leichter wird ein licher Wechsel an den Ufern grofser Landseen wahrge- en, und wirklich geschah dieses durch von Haller [1] bei den izerseen, durch Ellicot [2] zu Presqu'ile am Erie-See, Martens [3] auf dem Gardasee und durch Schübler [4] auf odensee. Von den beeiseten Spitzen hoher Berge und llen Thälern sinken anhaltend oder periodisch die kalten sen herab, wenn nicht stärkere, ihnen entgegengesetzte ngen die anfänglich schwachen, in ihrem Fortgange stär- rdenden, Bewegungen hindern. Kämtz setzt hiermit ıstand in Verbindung, dafs die Alten häufig die Gebirge Sitz der Winde betrachteten. Ein auffallendes Beispiel ler hier (in Heidelberg) herrschende, genau beobachtete rind, welcher dadurch entsteht, dafs aus den verhältnifs- iefeingeschnittenen, durch Quellen stets kühl gehaltenen, rpendiculär gegen den Neckar hinlaufenden, Thälern die ft zum Flusse hin herabströmt und wie bei den Passaten t dem Flusse zusammenfallende östliche Richtung an- die sich beim Austritte aus dem Thale in eine nord- che verwandelt. An Abenden nach heiteren und wind- ıgen ist die Luftbewegung so stark, dafs sie am Aus- er Thäler unangenehm wird und ihrer Kälte wegen n werden mufs, was sich daraus erklären läfst, dafs der durch die Sonnenstrahlen über den Thälern er- ufsteigende Luftstrom das Herabfliefsen hindert, was ntfernung dieser Ursache sofort beginnt. Wird der östliche, später nordöstliche Wind durch die allge- uftströmung unterstützt, so erreicht er eine solche dafs er die Biegung der Obstbäume bedingt, welche n entgegengesetzt gerichtet ist, die man in der Um- ieses speciellen Striches gewahrt. Aehnliche periodische indet man an einigen Stellen des Rheins, allgemeiner l minder örtlich bedingt ist der heftige Nordwind, bei Windstille während der Nacht blofs am Tage in der mischen Ebene zwischen Bir und Orfa nach Bucking-

---

w. Comm. Soc. Gott. T. I. p. 30.
. XXXII. 324.
ertha. 1829. Febr.
Jendaselbst.

HAM's[1] Erzählung weht und von dem mit Schnee bedeck Rücken des Taurus herabkommt. Wie v. HUMBOLDT[2] berichtet, weht im Thale des Amazonenstromes jeden Tag, 8 Stunden nachdem die Sonne durch den Meridian gegangen ein periodischer Wind von bedeutender Stärke, so daß bisweilen in Sturm ausartet. Er soll eine Folge des Pas seyn, welcher durch die Richtung des Stromes und die Bedingungen modificirt wird.

26) d) Es läfst sich hier noch eine eigenthümliche von Winden anreihen, deren Ursprung aus ungleicher E mung der Luft leicht erklärlich ist. Hauptsächlich in D land, sowohl dem nördlichen, als auch dem südlichen, seltener schon im März, häufiger im April und nicht selten im Mai eine Periode ein, während welcher es bei meistens heiter ist, bei Tage aber einzelne dicke Wolke ziemlich schnell am Himmel bewegen. Ist die Sonne fü erwärmt sie stark, die Temperatur ist mild, mitunter und es herrscht Windstille oder man fühlt kaum ei Luftbewegung; wird aber die Sonne durch eine der Wolken auf längere oder kürzere Zeit bedeckt, so vers augenblicklich empfindliche Kälte und einen stärker weilen sehr merklichen Wind. Beide Erscheinung schwinden, nachdem die Sonne wieder frei geworden sen durch partielle Abkühlung entstehenden Wind schon LA HIRE[3], läfst aber die wärmere Luft an der den abgekühlten Raum einströmen, BRANDES[4] dagegen an, die durch den Schatten der Wolke abgekühlte rücke in Folge der gewöhnlich etwas schnell fortsch Wolke weiter und erzeugte hierdurch den Wind. N Ansicht liegt die Ursache der Luftbewegung in der Zu ziehung der Luftmasse in Folge der Abkühlung, wes wärmere und daher elastischere in den verdünnteren R dringen soll, nach dieser dagegen bewegt sich die kä dadurch schwerere Luft in derjenigen Richtung; in we Abkühlung durch den Schatten fortschreitet, und

1 Mesopotamien. S. 51. Nach KÄMTZ Meteor. Th. I. S.
2 Dessen Reisen. Deutsche Ueb. Th. IV. S. 151.
3 Acad. Reg. Scient. Historia. Anct. DU HAMEL. p. 259.
4 Beiträge zur Witterungskunde. S. 367.

ber richtiger, denn das Eindringen nach LA HIRE würde dann statt finden, wenn eine Säule der erwärmten Luft i plötzliches Vortreten einer Wolke vor die Sonne augenlich abgekühlt würde, statt dafs die bewegte Wolke schon r einen Schatten erzeugt, ehe der angenommene Beobachdenselben kommt, und das meistens schnelle Fortschreiesselben nothwendig eine Bewegung der abgekühlten und ch schwereren Masse zur Folge haben mufs. Es scheint er noch eine Ursache hinzuzukommen, die man wohl nicht übersehn darf. Wenn sich dieses Phänomen zeigt, so ht gleichzeitig eine nicht geringe Luftbewegung in den i Regionen, die aus dem raschen Fortschreiten der Wolnichtlich ist, sich aber den unteren stark erwärmten und aufsteigenden Schichten nicht mittheilen kann; fällt aber Hindernifs durch den erzeugten Schatten weg, so nehuch die über der Erdoberfläche befindlichen Luftmassen gemeine Bewegung an und auch in ihnen wird der herre Wind fühlbar. Es findet hierbei demnach das Nämliitt, als was so eben über das Herabströmen der kalten n den Thälern erwähnt worden ist, welches erst am Abend nd merkbar wird. Aus dem Herabsinken kälterer Luftmassen mere mufs auch wohl die zu Triest so gefürchtete *Bora* tet werden. Dieser Wind, ein Nord- oder Nordostwind, sich plötzlich, gehört hauptsächlich dem Winter an, t zuweilen drei Tage anhaltend, macht das Meer bis hin unsicher, tobt aber am stärksten zu Triest, wo er eer in die Stadt hineintreibt und dadurch bedeutenden n anrichtet. Er kommt aus einer Spalte des Monte Spaga, naltnifsmäfsig kalt und trocken, und soll auf die Vegeachtheilig wirken[1].

') Wie sehr die dickere und dadurch schwerere Luft streben habe, in die wärmere leichtere einzudringen, geht n bisher mitgetheilten Untersuchungen genügend hervor, igt sich aufserdem sehr auffallend in dem Einflusse, welie durch grofse Eismassen in den Polarmeeren stark abte Luft in dieser Beziehung ausübt. Nähert man sich den gen oder Eisfeldern, so empfindet man sofort einen von

---

[1] Nach den Aussagen der Einwohner Triests. Vergl. WAGNER im ... Archiv. Th. VI. S. 80.

ihnen wehenden kalten Wind, allein noch ungleich merkwü
diger sind die Beobachtungen, welche unter Andern Scoresb
im nördlichen Polarmeere zu machen häufige Gelegenheit ha
Die über mächtigen Eisfeldern ruhende kalte und schwere L
leistet, zum Theil wohl wegen ihrer Adhäsion an dem rau
Eise, dem Winde einen solchen Widerstand, dafs es eine
raume Zeit dauert, bis sogar ein Sturm von der einen S
solcher grofser Massen bis zur andern derselben gelangt,
dafs er daselbst allezeit bedeutend schwächer ist, als auf
ner See. Zuweilen bewegt sich die vom Eise kommende
strömung dem auf sie von offener See her treffenden
entgegen, und wenn letzterer auch stark ist, so entsteh
nicht selten ein Kampf beider, welcher den Sturm etliche
den lang bis auf ein Viertel engl. Meile weit vom Ra
Eises zurückhält. Südlichere warme und mit Wasse
überladene Luftmassen werden durch diese Mischung ab
und es fällt eine Menge Schnee auf dem Eise nieder.
Schmidt[2] macht auf den Wind aufmerksam, welcher
Regel den Gewittern vorauszugehn pflegt, und leitet an
sen von einer partiellen Abkühlung der Luft her, nic
von der früher angenommenen elektrischen Abstofsung
ben. Die Abkühlung betrachtet er als Thatsache, un
ihre Ursache theils in der durch die Wetterwolke ver
Beschattung, theils in der mit dem Regenfall nothwen
bundenen Abkühlung. Die Abkühlung soll an einem
Tage wohl 12°,5 bis 18°,75 C. betragen, und wenn
12°,5 angenommen werden, so würde doch die Ver
der unter der Wolke befindlichen Luftmasse 0,05 ihre
mens ausmachen, in deren Folge eine 4000 Fufs hoh
säule eine Geschwindigkeit von 25 Fufs in 1 Sec.
müfste, wodurch dann die Stürme vor den Gewittern
lich werden sollen. Obschon die durch Gewitter bewir
kühlung eine Luftbewegung erzeugen mufs, wie wir
sehn werden, so reicht doch diese Ursache nicht hi
ganze Phänomen zu erklären. Abgesehn davon, dafs

---

1 An Account of the Arctic Regions. T. I. p. 296. V
moirs of the Wernerian Soc. P. II. Vol. II. p. 318. übersetz
LXII. 1 ff.

2 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giefsen 1826. S.

oft vor den Gewittern hergehn, ehe Beschattung und Ab-
lung durch Regen statt gefunden hat, und eine Geschwin-
eit von 25 Fufs zur Erklärung der beobachteten Wirkun-
der Gewitterstürme nicht genügt, die Gewalt des Windes
bei denjenigen Gewittern am gröfsten ist, die am tiefsten
, wo sie dieser Theorie nach am geringsten seyn müfste,
en die Gewitter, mindestens in den bei weitem meisten
n, durch ungleich warme Luftmassen erzeugt, die schon
r in starker Bewegung sind, wie das Sinken, der Barome-
deutet, und welche dann in Folge ihres Zusammentreffens
Bewegung durch verschiedene Ursachen vergröfsern.

Diesen Erscheinungen ähnlich ist eine andere, die nach
DUS[1] zuerst durch VOLTA beachtet wurde, dafs nämlich
urch Gewitterregen und noch mehr durch Hagel abge-
: Luft nach allen Seiten in Folge ihres gröfseren Gewich-
fliefst. KÄMTZ[2] bestätigt dieses durch eine Erfahrung,
selbst zu machen Gelegenheit hatte. Ein Gewitter mit
wind überraschte ihn im Freien, der Wind wurde bei
nnäherung desselben sturmartig, ging fast in Windstille
als er sich mitten darin befand, und erhielt eine östliche
ng, als die stark regnende Wolke über sein Zenith weg-
n war. Der Wind nach solchen Gewittern soll allezeit
n seyn, wie VOLTA angiebt, was BRANDES aus der Kälte
er hiernach nothwendigen gröfseren Trockenheit der her-
enden Luftmassen ableitet, mit dem Zusatze, dafs die
und trockne Luftströmung zuweilen erst am folgenden
eintrete, weil die untere, sehr erkaltete Luft durch ihr
es Gewicht das Herabsinken der oberen hindere; inzwi-
möchte ich diese letztere und überhaupt die ganze An-
n Zweifel stellen. Ist einmal eine grofse Luftsäule be-
d gegen ihre Umgebung abgekühlt, so mufs sie seitwärts
en und dadurch die oberen Massen herabsinken machen;
er die durch Gewitterregen oder Hagel abgekühlte Luft-
in der Regel eine nach allen Seiten von ihr ausgehende
ewegung erzeuge, dürfte wohl mit der Erfahrung nicht
instimmen, vielmehr die durch KÄMTZ gemachte Beob-
ng als Ausnahme zu betrachten seyn. Wird die Luft

---

[1] Beiträge zur Witterungskunde. S. 369.
[2] Meteorologie. Th. I. S. 212.

durch einen starken Gewitterregen, noch mehr aber durch H
gel, bedeutend abgekühlt, welche beide Processe der Natur
Sache nach mit dem Herabsinken kalter Luftmassen aus beh
tenden Höhen verbunden sind, so entsteht durch verschied
mächtig zusammenwirkende Ursachen in der Regel eine stu
mit Sturm beginnende Luftströmung, welche kein Abfli
nach allen Seiten gestattet, vielmehr zu einer bestimmten Ri
tung entschieden übergeht und diese dann eine Zeit lang
folgt, weswegen nach VOLTA die Gewitter meistens ihre
mal angenommene Richtung beibehalten. Ob übrigens
Wind nach starken Gewittern, und insbesondere nach Ha
schauern, in der Regel trocken sey, dürfte mit Grund
zweifelt werden, da vielmehr meistens nach vorhergegang
Trockenheit auf eine solche Katastrophe fortdauernder Re
nach Hagelwettern meistens mit bedeutender Kälte verbu
zu folgen pflegt; nur einmal, im Jahre 1824, erlebte ich
darauf folgende Wärme bei heiterem Himmel, welche W
rung jedoch nur bis zum nächstfolgenden Tage anhielt, in
len andern von mir beobachteten Fällen folgte auffallende
mit Nässe.

28) e) Als einen eigenthümlichen Wind möchte ich
den Ostwind hervorheben, welcher insbesondere im nördl
Deutschland häufig einige Wochen nach den Frühlingsn
gleichen nicht eben mit bedeutender Stärke, aber lange
weilen mehrere Wochen, anhaltend weht. Auch im sü
Deutschland findet man solche Winde, und sie scheine
daselbst früher anzufangen, aber minder anhaltend zu
Das Wetter ist zu dieser Zeit fortdauernd heiter, die L
trocken, so dafs sie leicht entzündlich auf die Respir
gane wirkt, es herrscht ein schwacher Ostwind, wel
Morgen kurz nach Sonnenaufgang am stärksten ist, geg
tag nicht blofs schwächer wird, sondern auch in sch
Südwind und später selbst Südwestwind übergeht, Abend
Sonnenuntergang aber wieder nach Ost überspringt. W
Wind ungeachtet der dann vorhandenen Winterfeuchtigk
Boden stark austrocknet, so pflegen die niedersäch
Landleute wohl die sieben Wochen zwischen Ostern und
sten, in welchen Zeitraum er fällt, die *sieben Soros* (ver
mit dem gebräuchlicheren *aussoren* statt austrocknen) zu
nen. Nach meiner Ansicht ist dieser Wind als eine Art

at zu betrachten, welcher durch den Andrang der Po-
gen Süden dann entsteht, wenn die Sonne den Aequa-
nschreitet, und welcher in Folge örtlicher starker Er-
ng durch die bei heiterem Himmel von Ost durch Süd
West täglich bewegte Sonne eine südliche, seltener und
ingerem Grade eine etwas westliche Richtung annimmt.

9) f) Eine eigene, sehr wichtige Classe von Winden bil-
e sogenannten *heifsen*, die sich nicht sowohl durch ihre
heit als vielmehr durch ihre hohe Temperatur auszeich-
d mitunter Wirkungen äufsern sollen, die sich selbst
r übergrofsen Hitze nicht einmal vollständig ableiten
Werden Luftmassen aus solchen Gegenden herbeige-
wo der trockne und sandige Boden durch die direct auf-
n Sonnenstrahlen bis zu einem unglaublichen Grade er-
t, so müssen diese eine Temperatur haben, wie sie sich
heifsen Winden zeigt, denn wenn wir, um nur einige
n der Reisenden hier anzuführen[1], aus glaubhaften Be-
entnehmen, dafs die Hitze auf Neuholland im Sande
und sogar im Schatten 40°,5 bis 45°,5 anhaltend, für
ure Zeit aber im Schatten fast 54° C., im Sande der
von Venezuela aber 52°,5 bis 60°, und bei Ombos einige
er dem Boden 54° C. erreicht, so ist nicht zu ver-
n, dafs die Reisenden in den aus solchen Gegenden
führten Luftmassen fast verschmachten und bei etwas
ider Dauer derselben selbst der Todesgefahr ausgesetzt
Die nachtheiligen Wirkungen der heifsen Winde wür-
ch ungleich furchtbarer seyn, wenn nicht glücklicher
die so erhitzten Luftmassen eben hierdurch eine Ten-
m Aufsteigen erhielten, so dafs sie sich verhältnifsmä-
r selten in horizontaler Richtung bewegen, ungleich
aber in senkrechter, wodurch sie den seitwärts ein-
len kälteren Schichten Platz machen, selbst aber un-
h, ja vielmehr durch ihr Abfliefsen nach höheren Brei-
wieder nützlich werden. Hierin liegt die Erklärung
sen Winde im Allgemeinen; es kommen aber bei den
n noch specielle örtliche Bedingungen hinzu, die noch
n bemerkt werden müssen, weswegen die bekanntesten
nen einzeln untersucht zu werden verdienen.

---

[1] Art. *Temperatur* Bd. IX. S. 462 ff.

α) Harmattan.

30) Dieser Wind, dessen Name nach Dobson[1] aus *A rahmantah* (von *aberrahman* wehen und *tah* Unschlitt) rumpirt seyn soll, weil die Neger gegen seinen Einfluss Körper mit Fett beschmieren, weht in kurzen Perioden auf Westküste Africa's, vorzüglich in Senegambien, ist mend trocken und wegen des mitgeführten feinen Staub stig[2]. Nach Monrad[3] hält er auf der Goldküste nur acht Tage an, ist dort eher kühlend und mindestens sehr aus NO. wehend. Auch Dobson[4] nennt ihn einen wind, und hebt vorzüglich seine Trockenheit hervor, bewirkt, dafs sogar zerflossene Pottasche durch ihn wieder wird; zugleich erwähnt er den feinen, ihn begleitenden von unbekannter Natur, der aber vermuthlich nichts ander der feine Sandstaub ist, welchen er mit sich führt. Hält selbe länger, bis etwa 12 Tage an, so senken sich die Z der Bäume, die Blätter welken und werden zuletzt so tro dafs man sie zerreiben kann, Holz und Tafelwerk schwi die menschliche Haut wird spröde und schält sich ab, schadet er nur den Vegetabilien, nicht aber den Anim indem er vielmehr alle fauligen Krankheiten, Rheuma und Fieber sofort heilt. Die Abkühlung, welche er seine hen Temperatur ungeachtet gewährt, ist nach Monrad Folge eben des feinen Staubes, welchen er aus dem Inne Landes kommend mit sich führt, wodurch die Sonne so dunkelt wird, dafs man hineinsehn kann. Eben dieser A steller bestätigt seine ausnehmende Trockenheit, welche den genannten Wirkungen auch verursacht, dafs die Fe den Federn beim Schreiben vertrocknet, weswegen er auch arabisch blofs trockner Wind heifst. Die Periode seines hens fällt um Weihnachten. Dagegen redet Clapperton ihm als einem am 18ten und 22sten Februar anhaltenden W

---

1 Philos. Trans. 1781. p. 52. Journ. de Phys. T. XX. p. 43

2 Dampier's Reise um die Welt. Deutsche Ueb. Leipz. 17

3 Gemälde der Küste von Guinea. Weimar 1824. 8. S. 27

4 Philos. Trans. 1781. T. LXXI. p. 46. Lichtenberg's Magaz I., St. IV. S. 41.

5 Tagebuch der zweiten Reise ins Innere von Africa. W 1830. S. 88.

seine grofse Trockenheit hervor, nennt ihn aber gleich-
kalt. Hiernach besteht also dieser Wind aus nichts wei-
als den Strömungen der Luftmassen, die über den heifsen
wüsten Africa's ausnehmend ausgetrocknet sind und eine
tende Menge aufgehobenen feinen Sandes mit sich führen,
den eigentlichen *Sandstürmen* (§. 37) anzugehören. Wenn
Dobson die nachtheiligen Wirkungen desselben als eine
der schädlichen Dünste angiebt, welche die Sonne wäh-
der in den Monaten März und April in jenen Gegenden
fallenden Regen aufzieht, so steht dieses mit der von
elbst angegebenen grofsen Trockenheit in so auffallendem
spruche, dafs man sich wundern mufs, wie ihm dieser
n konnte. Es darf zugleich nicht unbemerkt bleiben,
e Harmattan nach Monrad an der Goldküste um Weih-
n, nach Clapperton im Innern von Africa im Februar,
Dobson aber in Senegambien etwa im Mai wehen soll.
und die verschiedenen Richtungen, die ihm beigelegt
, lassen schliefsen, dafs der arabische Name dieses Win-
chts anderes als den trocknen Wind bezeichne, welcher
r grofsen africanischen Wüste her in ungleichen Zeiten
ch verschiedenen Richtungen weht. Seine schädlichen
gen endlich, wenn wir diejenigen unbeachtet lassen,
er gegen die Pflanzenwelt äufsert, sind entweder un-
nd oder gar nicht vorhanden, doch giebt Dampier an,
wegen des feinen bräunlichen Staubes, der sich oft bis
r Linie hoch anhäufe, nicht blofs dem Athmen, sondern
en Augen sehr beschwerlich falle.

β) Sirocco.

l) Von diesem Winde ist weit weniger die Rede, so-
in Africa weht, als inwieweit er nach seinem Ueber-
über das Meer in andern Ländern seine unangenehmen
ngen äufsert. Es läfst sich daher mit grofser Wahr-
ichkeit annehmen, dafs er in jenem Welttheile nicht als
enthümlicher existirt, sondern vielmehr eine blofse Fort-
; des Harmattan ist, sofern dieser als derjenige heifse
betrachtet werden kann, welcher von der grofsen africa-
n Wüste nach allen Seiten hin weht, je nach der Rich-
in welcher die kalte Luft der Umgebung in die warme

über der Wüste eindringt und diese vor sich her treibt. Sirocco soll er auch im südlichen Spanien und Frankreich kannt seyn, hauptsächlich aber herrscht er in Sicilien und lien. Hiernach kommt derselbe als südliche Luftströmung der Sahara und geht über das Atlasgebirge und das mittelländ Meer, wo er seine aufserordentliche Trockenheit verliert, Hitze und erschlaffende Eigenschaft aber beibehält. Hier zeichnet er sich vorzugsweise in Sicilien und Italien aus, dieses vorzüglich durch Baydone[1] beschrieben worden ist, dafs die Bewohner jener Länder anderweitig Aufhebens machen, ihn besonders beachten und seine Eigenthümlich genauer und specieller angeben, indem sie blofs beiläufig seine Hitze klagen. Nach Baydone aber macht er das von Italien vorzugsweise unangenehm, weil er so ermattet Körper und Geist wirkt, dafs beide in ihren gewöhnl Functionen ausnehmend gestört werden. Die Eingebornen hiernach nicht weniger als die Fremden durch ihn leiden geistige Arbeiten sehr durch ihn erschwert werden und Veranlassung geben, dafs man von etwas sehr abgeschm zu sagen pflegt: *era scritto in tempo del Sirocco.* Barometer hat er keinen Einfluss, was jedoch mit den nicht wohl übereinstimmt, dafs es beim Anfange desse 1,5 Lin. fiel und sich dann während seiner Dauer auf Stande erhielt; das Thermometer dagegen, welches vor Anfange auf 6°,11 C. stand[2], stieg unmittelbar dar 18°,33 und später auf 22° C.; doch ist es nicht so grofse Wärme, als vielmehr seine sonstige Eigenthüm welche ihn so unangenehm macht. Vorzugsweise so durch Baden in der See seine Wirkungen unschä machen.

Es darf wohl kaum bemerkt werden, dafs diese lung mehr das Gepräge einer oberflächlichen briefliche theilung, als die einer schulgerechten physikalischen B bung trägt. Inzwischen wird dieser Wind, der *Austa* von Aristoteles[3] und den Schriftstellern nach ih

1 Reise nach Neapel und Sicilien. Br. 1.

2 Dieser Stand mufs als ungewöhnlich niedrig auffallen, mehr, als Baydone's Beschreibung sich auf die Monate April zu beziehn scheint.

3 Problem. N. 17 u. 42. Vergl. Isidorus Origg. Lib. XIII.

als unangenehm, sondern auch als der Gesundheit nach-
ig angegeben.

32) Man nimmt an, dafs der über die Alpen herkommende
in einige Schweizerthäler sich herabstürzende sogenannte
eine Fortsetzung des Sirocco sey, wozu auf jeden Fall
leiche Richtung beider, auch sonst einander ähnlicher
römungen berechtigt. Auch von diesem Winde wird oft
tet, dafs er sich in gröfserer oder geringerer Stärke ge-
habe, inzwischen kenne ich nur eine einzige, aber voll-
ge Beschreibung aller derjenigen Wirkungen, die er mei-
einzeln, zuweilen aber auch sämmtlich zu zeigen ver-
sofern sie mit einander vereinbar sind. Sie ist auf Ver-
ng einer von der Schweizergesellschaft für Naturwis-
ft aufgestellten Frage von Dr. Lussra[1] in Altorf ver-
nd bezieht sich zwar zunächst nur auf die an diesem
n Canton Uri gemachten Beobachtungen, kann aber im-
als allgemein passend gelten. Die Sache scheint mir
1 von genügendem Interesse für eine ausführliche Mit-
g der Thatsachen, deren Kenntnifs und gehörige Wür-
, auch über die anderen heifsen Winde einiges Licht zu
en geeignet ist.

er *Föhn* ist ein Südwind, welcher an Stärke alle anderen
r Gegend übertrifft. Vor dem Eintritt desselben wird
ane bleich, der Mond erhält einen meistens farbigen
ie Sterne funkeln wie im Winde flatternde Lichter, ferne
stände sind wie in Flor gehüllt, und es bildet sich über
de ein Nebel, welcher mit der Annäherung an den Bo-
chter wird. An einzelnen Stellen, insbesondere an der
ite der Gebirge, entstehn gröfsere und kleinere Nebel,
h heftig bewegen und bald verschwinden, bald wieder zum
ein kommen, bis der Föhn mit voller Kraft einbricht.
ch sind die Temperaturen und Bewegungen der Luft-
ten in stetem starken Wechsel, so dafs man auf einer
Ebene bald von einem kalten, bald von einem hei-
Winde angehaucht wird; auch sieht man häufig die Blät-
s einem Baumes stark bewegt, während die eines an-
völlig ruhn, die Wärme der Luftschichten wechselt zu-

[1] Allgemeiner Schweizer Naturw. Anz. 1820. Apr. G. LXVI. 117.
Scazocnzza Naturgeschichte d. Schweizerlandes. 2te Aufl. Th.
3.

gleich so sehr, dafs man das Gefühl hat, als käme man einer kalten Vorhalle in ein geheiztes Zimmer und umgeke im Ganzen aber steigt die Temperatur, während das Baro sinkt; die Wärme erhält sich Tag und Nacht ziemlich gl förmig, und es fällt kein Thau. Kurz vor dem völligen tritt des Föhns kommt gewöhnlich Nordwind, *Föhnen* genannt, wo nicht in den tieferen, doch jederzeit in den heren Regionen. Man gewahrt deutlich das schrittweis rückweichen des Nordwindes vor dem Föhn an den W die zugleich mit zurückgetrieben werden und sich an der G beider Winde hoch aufthürmen.

Wenn der Föhn sich nahet, werden die Pflanzen die Thiere unruhig und die Menschen fühlen Erschlaffu Kopfweh, Müdigkeit neben Schlaflosigkeit und dem Sch der Wunden und alten Narben vereint. Während der desselben bleiben Barometer und Thermometer unverände Frühlinge befördert er die Vegetation sehr auffallend und sch den Schnee ungewöhnlich schnell, ohne wegen der s Verdunstung vieles Wasser zu geben. Auf dem Vierwald See wirkt er heftiger, als irgend ein anderer Wind, r die in grofser Tiefe liegenden Netze und entwurzelt tie sende Wasserpflanzen. Seine Stärke ist zu verschieden ten und an verschiedenen Orten sehr ungleich, was al der Einwirkung hoher Gebirgsmassen nicht wohl ander kann. Nicht selten ist an einem Orte Windstille, w wenige hundert Schritte davon Bäume entwurzelt und fortgerissen werden; mitunter rauscht er stark in den Wipfeln der Bäume, während man an deren Fufse k leises Wehen verspürt, auch folgt auf einen heftigen S wöhnlich eine kurze Windstille. Seine Dauer beträgt n nur wenige Stunden, zu anderen Zeiten acht und mehr am häufigsten weht er im Frühjahr und Herbst, sel Winter und noch seltener im Sommer.

Auch beim Aufhören des Föhns zeigen sich versch Erscheinungen. Zuweilen hört er plötzlich auf, es t Windstille bei reinem Himmel, aber die beim Anfange o ben bemerkten Vorzeichen nehmen wieder zu; das Wetter klar, das Thermometer sinkt, das Barometer steigt etwa erhebt sich ein angenehmer Nordostwind, hält aber nicht an, und bald kehrt der Föhn zurück, weswegen die Lan

auf diesen sogenannten *Föhn-Schon* halten. Zu andern
bilden sich während der Dauer des Föhns in den obern
nen Gewitterwolken, die sich öfters in warme starke Re-
ehr selten Gewitter, auflösen. Oft geschieht dieses schon,
r Föhn bis zur Erde kommt, und wenn er dann mit
m Regen eintritt, so nennt man ihn *Demmer-Föhn*.
zu andern Zeiten sammeln sich bei heftigem Föhn und
n Himmel am nordwestlichen Horizonte starke Wolken,
r Nordwestwind schneller oder langsamer gegen Süden
Die Grenze beider Winde ist sehr kenntlich, und man
aufig, dafs der Nordwind in höheren Gegenden schon
eit vorgedrungen ist, während in tieferen der Föhn noch
bermacht widersteht; es folgt gewöhnlich Regen oder
, die Luft wird kühler, das Barometer steigt und es
auerhaft schönes Wetter, *Schon* genannt.

erkwürdig und für die Theorie der Winde von grofser
gkeit ist der Umstand, dafs der Föhn, so viel mir be-
sich nicht allezeit als Sirocco in Italien zu zeigen pflegt,
r in der Schweiz und überhaupt auf der Nordseite der
zum Vorschein kommt, obgleich beide einander so ähn-
d, dafs man sie hiernach und in Gemäfsheit ihrer glei-
lichtung wohl nothwendig für identisch halten mufs.
t der Sirocco minder heftig und nicht mit Gewittern
en, wie der Föhn, allein dieses wird leicht erklärlich,
an berücksichtigt, dafs bei letzterem die hoch aufge-
n und in grofse Entfernung nach Norden strömenden
Luftmassen eine bedeutend starke Bewegung haben müs-
n die in grofser Höhe und unter höheren Breiten be-
en, also kälteren und schwereren Luftmassen zurück-
gen, die dann, in sie eindringend und mit ihnen ge-
nothwendig Niederschläge durch Abkühlung und we-
Schnelligkeit, womit dieses geschieht, Gewitter er-
müssen. Wenn also, der Regel gemäfs, die kälteren
ssen in die wärmeren einzudringen und diese zurückzu-
pflegen, so haben wir hier ein Beispiel gerade entge-
zter Erscheinungen. Auf eine sehr ausgezeichnete Weise
ich der Föhn mit seinen hervorstechenden Eigenschaften
Juli 1841, als er seine Wirkungen nicht blofs über
weiz, sondern zugleich über einen grofsen Theil des
h der Alpen liegenden Deutschlands verbreitete. Nach

Wartmann's Beobachtungen[1] war der Wind auf den A so heifs, dafs er eine grofse Menge Schnee und Eis schn wodurch die Bäche stark anschwollen, und wo derselbe Bä und Gesträuch traf, zeigten sich die Blätter wie durch gl den Dampf versengt. An einigen Orten in Baiern und in sterreichischen, namentlich zu Ischl, trat plötzlich eine so orbitante Hitze ein, dafs manche Personen, die sich in befanden, sich der Kühlung wegen in die Häuser zurück und Mühe hatten, dieselben zu erreichen, selbst in Wi beobachtete v. Littrow[2] 38°,5 C. In der Gegend des Sch waldes, bis über den Odenwald hinaus und in der M gend herrschte ein heftiger Sturm mit ungewöhnlich Temperatur bei bedecktem Himmel und Regen, worauf nächsten Tagen bedeutende Verminderung der Wärme in Genf tobte der Sturm gleichfalls und hatte nach W mann's Angabe eine rotatorische Bewegung. An diesem herrschte übrigens, wenn gleich kein Sturm, dennoch ei gewöhnliche Hitze in Italien, denn zu Pesaro zeigte das mometer 40° C und Pilla[3] beobachtete zu Neapel 45° C.

Nach Heineken[4] weht der *Sirocco* auch auf Mal OSO.-Wind, wohin er 300 engl. Meilen weit über d kommt. Dennoch ist er ausnehmend trocken, von gä kenlosem Himmel begleitet, dauert in der Regel drei T haltend, und erzeugt die Empfindung eines aus einem Ofen ausfliefsenden Luftstromes. Augen und Lippen durch ihn, wie durch die scharfen Ostwinde des Nord ficirt, die Thiere werden träge und abgespannt, Menschen den, und Bücher sperren die Decken auf, wie durch Hitze; doch bemerkt man keinen eigentlichen Nach selben auf die Gesundheit.

γ) Chamsin.

33) Dieser Wind, der *Chamsin-Jaum* der Kopten

1 Aus dem Berichte der schweizer Versammlung in der Zeitung 1841. Nr. 248.

2 L'Institut. 9me Ann. Nr. 406.

3 L'Institut. 1841. 9me Ann. Nr. 400.

4 Philos. Magaz. and Ann. of Phil. T. II. p. 363.

amsin, engl. *Khamseen*), weht in Aegypten innerhalb der Tage, die auf die Nachtgleichen folgen, woher sein Name mt, welcher in der koptischen Sprache *Chamsyn* oder *nsein*, funfzig, heifst. Oft wird erwähnt, dafs diese 50 zur Hälfte vor, zur Hälfte nach den Nachtgleichen fallen, die Zeit wird nicht stets genau angegeben. Er hält zwei rei Tage an, kommt aus SW., ist brennend heifs und n und führt einen sehr feinen Staub mit sich, welcher len die Luft verdunkelt und erstickend auf die Respira- rkzeuge wirkt. Niebuhr[1] führt von diesem Staube die bliche Thatsache an, dafs er nicht nur häufig durch die rkitteten Fenster der Europäer, sondern auch in zuge- e Blasen und verkorkte Bouteillen dringe. Zählen wir ieses zu den so häufig bei dem genannten Reisenden sich len Uebertreibungen, so ist wohl ohne Zweifel dieser taub die Ursache der in Aegypten so häufigen Augen- lungen. Die Hitze ist dabei so stark, dafs sie nicht is 47°,5 C. steigt. Ueber ihn haben sich aufser Nie- noch verschiedene andere Reisende, als Burckhardt[2], t[3], Denon[4] u. s. w. geäufsert, und der Letztere erzählt ndern, dafs er einst bei Annäherung desselben, als schon mel trübe und die Sonne verdunkelt wurde, seinen gen durch Baden entgehn wollte. Allein kaum war er Nil gestiegen, als dieser tobend aus seinen Ufern zu rohte und der Boden eine zitternde Bewegung erhalten n schien. Als er den Flufs verlassen hatte, konnte er starken Staube nur mit Mühe seine Wohnung errei- Kämtz[5] leitet dieses von dem Wellenschlage ab, wel- zeit bewirken soll, dafs der Boden zu beben scheint, an dabei badet; allein wenn auch dieses Beben des ierdurch genügend erklärt ist, so deutet doch das Aus- s Stromes, vorausgesetzt, dafs keine Uebertreibung statt mehr auf eine trombenartige Wirkung des Windes, die den heifsen Winden gleichzeitig wohl zum Vorschein kann, da die Tromben mit den Sandstürmen (§. 37)

---

isen. Th. I. S. 499.
ubia. p. 362.
rrative. p. 195.
yage. p. 179.
eteorologie. Th. I. S. 265.

in sehr naher Verbindung stehn. Burkhardt[1] fand denselb
zu Esne, welches etwas höher liegt, weit weniger drücke
als in Oberägypten, doch war er, besonders anfangs,
heifs.

δ) Samum.

34) Dieser dem westlichen asiatischen Continente, ha
sächlich dem steinigen Arabien, zugehörige Wind soll
Namen vom Zeitworte *Samma* erhalten haben, welches
Langlès[2] *vergiften* heifst, nach Schott aber, wie Kl
angiebt, auch *heifs seyn*. Vermöge der verschiedenen
sprache nennt man diesen Wind auch *Simum*, *Semum*,
genauer *Bhad-Samum*, giftigen Wind; bei den Türken
er *Samiel*, oder nach der französischen Aussprache Cha
was nach Volney[4] von *Cham*, Syrien und *Yel*, Wind,
leiten ist, weil der Wind den Türken aus Syrien kommt
Chardin und Langlès aber richtiger von *Sam*, Gift un
Wind hergeleitet wird. Aufser einigen Angaben der
wonach so viele Menschen durch die heifsen Winde
kommen seyn sollen, kennen wir diesen Wind haupts
aus den Berichten von Beauchamp[5], Volney[6], Nie
und einigen Andern, aus denen folgende Beschreibung
mengestellt worden ist[8].

Der Wind erstreckt seine Verwüstungen über eine
Länderstrecke, namentlich über die Wüsten zwischen
Bagdad, Haleb und Mecca, das steinige Arabien längs de
des persischen Meerbusens, die Gegenden des Tigris
dringt selbst bis nach Surate vor. Selten zeigt er
glücklichen Arabien, und Palästina ist durch seine
gegen ihn geschützt, doch sollen sich einst 30000 E

1 Reisen in Nubien. Weim. 1820. S. 484.
2 Chardin Voyages. T. III. p. 286.
3 Meteorologie. Th. I. S. 259.
4 Voyage. T. I. p. 55.
5 S. Cotte Mémoires sur la Météorologie cet. Par. 1
p. 213.
6 Voyages. T. I. p. 57.
7 Arabien. S. 8. Auch Ker Porter in Travels T.
stimmt nach Kämtz Meteorol. Th. I. S. 271 hiermit überein.
8 Gotha'sches Magaz. Th. IV. St. 3. S. 38.

r Gegenden vor ihm in die Höhle Adullam bei Thekon ge-
hlet haben. Er weht nur in den Monaten Juni, Juli und
ust, ist im Juli am furchtbarsten, zeigt sich blofs am Tage,
sehr seltenen Ausnahmen bei Nacht, und ebenso aus-
ifslich auf dem Lande, indem er auf den Flüssen und auf
See augenblicklich seine nachtheiligen Wirkungen verliert.
Glück für die Reisenden kündigt er sich stets vorher an, der
el röthet sich in der Gegend, woher er weht, man be-
eine eigenthümliche Bewegung in der Luft und hört ein
s *Brausen* in der Ferne. Nach einigen Aussagen soll
Feuerstrahlen, wie Haarbüschel, wahrnehmen, und derje-
llezeit verloren seyn, welcher diese einathmet. Seine Be-
g ist wirbelartig, dauert nie über 15 Minuten und ge-
hierdurch, seinen schädlichen Wirkungen zu begegnen.
esem Ende hüllt man den Kopf in ein leinenes Tuch,
ch auf die Erde nieder und drückt das Gesicht in den
wobei blofs die gehemmte Respiration beschwerlich wird.
iem sehr heftigen und anhaltenden Samum genügen in-
ese Hülfsmittel nicht, die ihn sonst unschädlich machen
. Yvs[1], welcher von Ostindien zu Lande nach Europa
nennt die Samiels Wirbelwinde, die unverzüglich jeden
en und jedes Thier tödten, das ihnen in den Weg
Um diesem zu entgehn, werfen sich Menschen und
sofort nach Wahrnehmung der Zeichen, die ihn ankün-
auf die Erde, die Füfse gegen den Wind gekehrt. Der
tale Dunst streicht schnell vorüber und bildet nur einen
n Strom, so dafs mehrere nicht weit von einander ent-
Reisende von verschiedenen Samielen geplagt werden.
en ist zugleich, bei Nacht zu reisen, auch werden seine
gen sehr geschwächt, wenn er über bepflanzte Gegen-
t. Die Zufälle, welche er herbeiführt, sind schreck-
tödtet so schnell, dafs seine Schlachtopfer kaum Zeit
n sagen, dafs ein Feuer in ihrem Innern wüthet. Alle
Theile, insbesondere bei sehr ermüdeten Personen, sind
Augenblick zerlegt oder aufgelöst, die von ihm er-
n Menschen speyen vor Schmerz den Mund auf und
im Delirium, worauf ihnen bisweilen das Blut aus Nase

---

[1] Nach Lind's Versuch über die Krankheiten der Europäer in d. Ländern. A. d. Engl. Leipz. 1773.

und Ohren fliefst, die Leichen aber blau werden. Auf beha
Thiere soll seine Wirkung geringer seyn, zum Theil dar
gen, weil sie ihn früher wittern, dann den Kopf zur E
halten und in ein starkes Zittern mit bedeutendem Schwe
gebracht werden.

Diese schrecklichen Wirkungen zu erklären hat man s
Zuflucht zu den Ausdünstungen der Lorbeerrose (*Rhododen
nerium*) genommen, die dort häufig wachsen soll, die Er
men leitet man von schwefligen Dünsten ab, da der Schw
in den Gegenden, woher dieser Wind kommt, in Menge v
handen sey, zugleich aber von der Elektricität, deren Ent
durch die fortgeführten Schwefeltheile erleichtert werde, w
jedoch die Schwierigkeit entgegensteht, dafs diese Eigens
ten nicht wohl durch das Hinüberstreichen über einen
aufgehoben werden, noch weniger aber hinter demselben
der eintreten könnten. Werner[1] glaubt die Ursache da
finden, dafs die Luft durch den trocknen Boden aller Fe
tigkeit beraubt und dadurch gezwungen werde, andere S
namentlich das Phlogiston, aufzunehmen, wonach dann
schädliche Wirkung durch Aufnahme von Wasserdampf
höre. Olivier meint, die schädlichen Wirkungen des S
rührten vom gypshaltigen und bituminösen Boden Mes
miens her, aus welchem durch anhaltende Dürre die
chen Ausdünstungen gelockt würden, die an das Was
gingen, wenn der Wind über einen Flufs gehe, und
ist geneigt, dem absolut trocknen Sauerstoffgas die
Wirkung der heifsen Winde beizumessen. Endlich fan
die Ursache der schädlichen Wirkungen dieses Win
Elektricität, worin auch Rüppell[3] die des Harmatt
ohne die eigenthümliche Art dieser Wirksamkeit näher
zeichnen; man weifs aber, dafs schon Lichtenberg
merkung machte, dafs dieses wichtige Agens alles erkl
wozu man keinen andern Grund finden könne.

35) In dem Vorhergehenden sind die heifsen W

1 Lichtenberg's Magazin. Th. IV. St. 2. S. 108.

2 G. XXX. 115. Von Lindenau in monatl. Corr. Th. X
hält sich vorzüglich an Olivier, und leitet demnach die a
Wirkungen des Samiel von schwefligen Dünsten, die des Cham
viel Stickgas ab. Nach v. Zach in Corr. Astr. Nr. 6. p. 540 soll d
zu viel Salpetergas, der Harmattan zu viel Sauerstoff enthalten.

3 Schweigger's Journ. XXXVIII. 186.

rieben, wie man dieses nach den Berichten früherer Rei-
n allgemein angegeben findet. Schon eine oberflächliche
chtung der erwähnten Thatsachen mufste einige Zweifel
i die absolute Genauigkeit derselben hervorrufen, sofern
eits die Ursache so furchtbarer Wirkungen nirgends zu
i war, andererseits aber, ihre Richtigkeit vorausgesetzt,
reiflich blieb, wie die Caravanen so oft ohne bedeutende
icksfälle jene Gegenden durchstreifen konnten. Inzwischen
neuerdings RITTER[1] in Folge des kritischen Studiums
ählreichen vorhandenen Quellen und KÄMTZ[2] vermöge
grofsen Belesenheit in neueren Reisebeschreibungen nicht
ie Uebertreibungen in den Erzählungen älterer Reisenden
wiesen, sondern auch den Grund zu diesen scharfsinnig
nden. Zuvörderst hält KÄMTZ alle vier genannte Winde
ntisch, so dafs man sie alle mit dem nämlichen Namen
i belegen könne. Hierbei beruft er sich auf das Zeugnifs
IRY's[3], welcher beide für identisch erklärt, und auf MUNGO
, welcher die zu Sibidulu auf der Mandingo-Terrasse
tteten Samums geradezu in der Negersprache Harmattans

Dieses mufs man insofern für richtig anerkennen, als
i verschiedenen Namen den aus den Sandwüsten her-
iden heifsen Winden beigelegt werden; ein Unterschied
n beruht daher blofs auf ihren ungleichen unangeneh-
irkungen, die sich jedoch nicht auf eine solche Weise
iden, als man namentlich in Beziehung auf den Sa-
ther angenommen hat. Man kann daher immerhin den
k Samum als allgemeine Bezeichnung der giftigen oder
Winde beibehalten, speciell genommen bezeichnet die-
den in Asien, namentlich in Arabien, wehenden Wind,
: dagegen, welcher von der Sahara ausgehend Aegypten
, heifst Chamsin, und wenn er, von dieser nämlichen
usgehend, eine Richtung nach Süden, nach Westen und
rden annimmt, so heifst er in der Negersprache Har-
Darf dann vorausgesetzt werden, dafs dieser in der

---

essen Erdkunde. Th. I. a. v. O.
eteorologie. Th. I. S. 261 ff.
ragmens d'un Voyage en Afrique. T. I. p. 228.
ravels. p. 258. GEHLER a. A. Th. V. S. 1019 tadelt VOLNEY T. I. p. 56) deswegen, weil er den Samum und den Chamsentisch hält, da NIEBUHR beide unterscheidet.

Richtung nach Norden über das mittelländische Meer nach E
ropa gelangt, so ist der Sirocco nichts weiter als eine Fo
setzung desselben, worüber unten (§. 37) noch weiter die R
seyn wird.

36) In Beziehung auf die verheerenden Wirkungen
heifsen Winde, wie sie vorzüglich dem Samum beigelegt w
den, ist nicht ohne Bedeutung, dafs gerade dieser den N
Gift trägt, womit man schon an sich die Vorstellung
Schädlichkeit verbindet. Kämtz weist aber nach, dafs
den Angaben von Schott in den semitischen Dialecten w
dene Worte zugleich *giftig* und *heifs* bezeichnen und de
druck *Gift* bei den Orientalen oft nichts weiter als da
bezeichnet, was unangenehm ist. Die genauesten und
sten Nachrichten über die heifsen Winde, namentlich d
mum, hat Burckhardt[1] mitgetheilt. Hiernach ist d
nichts weiter als ein sehr heifser, trockener und na
wegen des mitgeführten feinen Sandes in der Wüste
unangenehmer Wind. Dafs er tödtlich seyn und ganz
vanen vernichtet haben solle, sind übertriebene Erz
der Beduinen, die hierdurch, wie durch andere abente
Angaben von den Schrecknissen der Wüste, die Bewo
Städte in Erstaunen setzen und vom Reisen zurückhal
sich höheren Lohn für ihre Führungen verschaffen wollen,
Kämtz durch unwiderlegliche Zeugnisse dargethan hat
aus dürfte auch die Angabe erklärlich seyn, dafs der W
den Flüssen und überhaupt durch Berührung des Was
der mit Vegetation bedeckten Strecken seine tödtliche
schaft verliere, denn sonst hätte sich die Uebertreibu
die Erfahrungen derer, die in gröfserer Zahl die Flüs
ren oder ihnen nahe wohnen, ja selbst der Bewohner
sen sehr bald herausgestellt. Burckhardt[2], von
wufsten, dafs er gehörig unterrichtet sey, erfuhr von
Wahrheit, die er dann auch durch eigene Erfahrung bestä
Der Wind weht nie dicht am Boden, weswegen das
werfen dagegen schützt, aber Staub und Sand werden
die Luft geführt, die dadurch ein röthliches, bläulich
gelbliches Ansehn erhält, je nach der Beschaffenheit des

1 Dessen Reisen in Nubien. Weimar 1820 a. v. O.
2 Travels in Nubia. p. 204.

den Staub hergiebt. Der Samum weht wohl einige Stun-
nhaltend, aber die eigentlichen Wirbel dauern nur etliche
uten, dann steigt die Hitze bedeutend, und sie betrug bei
su Esne von ihm erlebten 49°,5 C. Das Unangenehmste
dafs er die Ausdünstung hemmt, wie BURCKHARDT sich
rückt, das heifst, dafs zwar die enorme Hitze den Schweifs
reist, die grofse Trockenheit aber diesen sofort wieder weg-
it und das Gefühl der mangelnden Ausdünstung erregt.
gleiche Weise trocknet er den Gaumen aus, erregt unaus-
eben Durst und dadurch Uebelkeit. KÄMTZ bemerkt
mit Recht, dafs die Caravanen, wenn dieses Schicksal
ifft, nicht durch den Sand verschüttet werden, wie man
von denen annimmt, die seit den Zeiten des CAMBYSES
in den Wüsten ihren Untergang fanden, sondern vor
umkommen. Dieses ist um so leichter möglich, da die
ien des brennenden Durstes zugleich Wassermangel her-
ren, sofern dieses auch aus den Schläuchen verdunstet,
BURCKHARDT[1] verlor im Juni 1815 zwischen Tor und
an einem Vormittage durch den Chamsin den dritten Theil
nhalte seines Schlauches, und im Mai waren auf dem
von Schendy nach Suakim durch den Samum schon um
fast alle Schläuche leer. Um die Wirkung dieser über-
m Ausdünstung zu mildern, beschmieren die Hirten ihre
dick mit Schlamm[2], eine auch in Persien herrschende
Die Araber bedecken ihr Gesicht mit ihren Mänteln
üt einem Tuche, und knieen neben den Kameelen nie-
n den Staub zu vermeiden; die Kameele leiden am mei-
urch diesen, der ihnen in die grofsen hervorstehenden
getrieben wird, weswegen sie bei den Wirbeln den
erabsenken. BURCKHARDT sah aufserdem die vom Winde
ehobenen Sandsäulen, zweifelt aber, dafs sie das Leben
isenden gefährden.

7) Die Erfüllung der Luft mit Sand bei den heifsen
n und die hierauf gröfstentheils beruhenden nachthei-
Wirkungen derselben hat KÄMTZ sehr überzeugend nach-

Nubia. p. 366.

Ker Porter Travels. T. II. p. 229.

W. Ouseley Travels. T. I. p. 203.

gewiesen. Ihn bemerkten nicht blofs Bruce[1] in Abyssi
sondern auch Belzoni[2] und Denon in Aegypten, Burr
zu Tor am rothen Meere, Dobson[4] an den Küsten von
nea und Andere in den Sandwüsten Asiens, Africa's und
rica's. Denham[5] erzählt darüber: der Wind erhob den
Sand, der den Boden bedeckt, so dafs die ganze Atmo
damit erfüllt war, und in dem grofsen unermefslichen
vor uns konnten wir kaum einige Ellen übersehn. Die
war ganz verfinstert, und ein erstickendes, betäubendes
bemächtigte sich unser, so wie wir die Sandmassen
schritten; bisweilen verloren wir die Kameele ganz
Gesichte, obgleich sie nur wenige Fufs von uns entfe
ren, den Pferden hing die Zunge aus dem Maule,
wollten nicht gegen den fliegenden Sand gehn.

Wegen dieses vielen mitgeführten Sandes hat m
schiedenen Winden den Namen *Sandstürme* beigelegt, u
hegen die Meinung, dafs ganze Caravanen, wie auch d
des Cambyses durch die Masse des Sandes überschü
auf diese Weise vernichtet wurden, wogegen aber Ka
Recht bemerkt, dafs sie ohne Zweifel durch die ung
Hitze und den quälenden Durst bei gänzlich fehlende
ser ihren Untergang fanden. Allerdings richtet der i
Menge durch die Winde fortgeführte Sand unglaubli
heerungen an, wovon bereits früher[6] Beispiele angefüh
sind, allein diese werden nur durch die Länge der Ze
hiernach allmälig wachsende Masse erzeugt, inzwisch
zugleich die Sandstürme oder Sandwirbel[7] mitunte
grofsartig und den Reisenden höchst unangenehm. Si
schen vorzüglich in der libyschen Wüste, in
Mesopotamien, in der Wüste Sind, in Beludchistan u.
wo starke und zuweilen heifse Wirbelwinde den Sand
Höhe heben, beträchtlich weit fortführen und dann

1 Reisen. Th. IV. S. 558.
2 Narrative. p. 195.
3 Reisen. S. 185.
4 Philos. Trans. 1781. p. 48.
5 Beschreibung der Reisen und Entdeckungen im nördli
mittleren Africa. Weimar 1827. Th. I. S. 9.
6 S. Art. *Geologie*. Bd. IV. S. 1305.
7 Vergl. Art. *Wettersäule*.

lassen. Die Oberfläche der Ebenen nimmt hierdurch die
t des mit Wellen bedeckten Meeres an, indem sie bis zu
hbarer Ferne mit Sandhügeln bedeckt ist, welche an der
erschenden Winde entgegenstehenden Seite steiler, an
tgegengesetzten flacher sind und mit dem Wechsel der
ugenden Windrichtungen Ort und Gestalt verändern.
le in jenen Gegenden, namentlich ELPHINSTONE[1], POT-
[2] und Andere erzählen, dafs die Kameele über diese
eggehn können, sondern sich, nachdem sie auf dem
der Hügel angelangt sind, auf die Kniee werfen und mit
nde herabgleiten.

e diese Sandhügel erzeugenden und abwechselnd nach
denen Orten hin führenden Sandstürme sind übrigens
othwendig oder allerzeit heifs, vielmehr nicht selten ge-
und zuweilen sogar kalt, je nach der Gegend, woher
n, und sie unterscheiden sich daher wesentlich von den
, welche den sehr feinen Sand und Staub, einer Wolke
uchmasse ähnlich, mit sich führen, denn bei diesen
gt die Hitze der bewegten Luft alle Vorstellung, wie
on selbst gefolgert werden mufs, wenn man die oben
ene Temperatur des Sandes berücksichtigt, welcher im
e höchster Trockenheit unablässig den Sonnenstrahlen
t ist und dessen feinere Theile dann mechanisch in
e geführt werden. Speciell erzählt aber auch MUNGO
dafs er während seiner Gefangenschaft am Südrande der
n Benown seine Hand nicht an die Risse der Hütte zu
ermochte, durch welche der Wind blies. Eine an-
he Vorstellung des Verhaltens giebt eine Erzählung
IARDT's[4], welcher berichtet: „Als ich im Juni 1813
llein und auf einem schnell laufenden Dromedare von
ach Siout reiste, überfiel mich zwischen Farschiout und
ein heftiger Samum. Sobald er sich erhoben hatte,
ich weder Bäume noch Häuser sehn, und während ich
ftigt war, mir mein Gesicht mit einem Tuche zu be-
, wurde das Dromedar unruhig, weil ihm so viel Sand

---

1) Cabul. p. 492.
2) Reisen durch Beloochistan und Sind. Weimar 1817. S. 196.
3) Travels. p. 135.
4) Nubia. p. 206.

„in die Augen getrieben wurde. Beim Bremen des W
„fing es an zu gallopiren, ich verlor die Zügel, ich
„Erde, und weil ich keine zehn Ellen weit sehe
„blieb ich liegen und wickelte mich in meine Kleider,
„Wind vorüber war; dann verfolgte ich mein
„fand es in bedeutender Entfernung hinter einem
„welcher seine Augen gegen den Sand schützte."

39) Wie bereits oben (§. 35) bemerkt wurde,
heifsen Winde stets von den wasser- und baumlosen W
kommen, genauer aber giebt Kämtz ihre Richtung
Unterägypten[1] kommt derselbe aus SSW. und SW.,
am Meerbusen von Suez aus dem steinigen Arabien,
NO., in Mecca[3] aus der Wüste Redsched, also
Surate aus N., in Bassora[4] aus NW., in Bagdad
in Syrien[5] aus SO., stets also aus der grofsen Wüste
tralasien. Das Nämliche findet sich bei der Sahara
denn zu Benown[7] kommt er aus NO., ebendaher
gal[8], und an den Küsten Guinea's[9] kann man
nehmen, dafs er seinen Ursprung stets in der
hat. Die Wirkungen auf die animalische und
Natur sind bei allen diesen Winden gleich, und
einigen Schriftstellern als nachtheilig, von andern als
angegeben werden, so liegt die Ursache hiervon in
dingungen. Zählen wir die oben erörterten Angaben
Sammen zu den Uebertreibungen, so haben sie
annehmlichkeit der drückenden Hitze und des
auf die menschliche Gesundheit keinen eigentlich
Einflufs, hindern vielmehr fäulige und ansteckende
ten, so wie die sonst so gewöhnlichen Fieber,
von sumpfigem, mit anhaltend stagnirendem Wasser

---

1 Volney Voyage. T. I. p. 58. Belzoni Narrative. p.
sure Arabien. S. 8. Dénon Voyage. p. 179.
2 Rüppell Reisen. S. 185.
3 Volney und Niebuhr a. a. O.
4 Ebendaselbst.
5 Beauchamp in Cotte's Mém. T. II. p. 215.
6 Niebuhr u. Volney a. d. a. O.
7 Mungo Park Travels. p. 358.
8 Gösselin Fragmens. T. I. p. 228.
9 Dobson in Philos. Trans. 1781. p. 46.

n Gegenden herkommen. Auf die Pflanzen mufs die derselben je nach ihrer Beschaffenheit gleichfalls ver- eyn, und es darf uns nicht wundern, wenn Reisende Verdorren und Absterben der Blätter reden, denn den st feuchte Wärme zur Hervorbringung eines üppigen ms noch weit zuträglicher, als namentlich den Men- nen diese leicht die verderblichen Fieber bringt; star- er Hitze erliegen jene aber sehr leicht. Hiernach be- so aller der Hypothesen nicht, die man zur Erklä- rmeidlichen schädlichen Wirkungen der heifsen Winde hat.

der andern Seite läfst sich jedoch nicht verkennen, n Europa genauer beobachteten heifsen Winde eine liche erschlaffende Wirkung auf den menschlichen Kör- n, die stärker ist, als dafs man nicht einige Zweifel te, sie lediglich als Folge der blofsen höheren Wärme ten. Zu den heifsen Winden Europa's gehört vor- der *Sirocco*, von dessen Einfluſs auf das Klima reits oben (§. 31) die Rede war; noch ungleich stär- ber seine Wirkungen zu Palermo, wenn anders Brx- ngaben volles Vertrauen verdienen. Dieser versichert men, die sich lange in Malta und Spanien aufgehalten hört zu haben, dafs die dortige Hitze von der zu Pa- m Sirocco weit übertroffen werde. Beim Oeffnen des glich die eindringende warme Luft der aus einem heifsen menden, eine Erscheinung, die auch in unsern Gegen- genommen wird, wenn plötzlich warme und feuchte eintreffen; näher bezeichnend ist aber die Angabe, dafs mometer in einer Laube, also voraussetzlich im Schatten, C. stieg. Hierbei darf jedoch nicht unbemerkt bleiben, Maximum[2] der Temperatur in Palermo nur zu 38° an- wird, was die genannte Bestimmung etwas verdächtig Im südlichen Spanien, in der Mancha und Andalusien, ch in Sevilla und Cadix herrscht der *Solano*[3], ein aus

---

ise durch Sicilien und Malta. Th. II. S. 53 u. 116.
. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 579.
ILTON Reise in Spanien. Th. II. S. 95 u. 148. Townsend Reise anien, deutsche Ueb. Th. II. S. 133. Nach Kämtz Meteor. . 276.

SO. und S. kommender Wind, welcher sich durch seine Hi
auszeichnet, Schwindel erregt und durch Ueberhitzung
Blutes zu Ausschweifungen aller Art reizt. Auch zu M
weht im Sommer und Herbst nicht selten ein heifser Wi
welcher im hohen Grade lästig ist und als ein Zweig
Sirocco betrachtet wird.

39) Es wird allgemein angenommen, dafs der Siroc
Sicilien und Neapel, der Solano in Spanien und der S
auf Malta Fortsetzungen des aus der grofsen africanischen
kommenden Windes seyen, welcher daher in Sicilien u
lien den nämlichen Namen beibehält, den er an der afric
Küste hat. Hier wehet er, namentlich nach Blasqu
meistens im Herbst, dauert selten über drei Tage, ist sehr
und bringt vielen Sand aus der Wüste, der den Pflanzen
verderblich ist. Auf die Gesundheit der Menschen hat er k
nachtheiligen Einfluſs, indem damals dort seit dreifsig J
nie von einer ansteckenden Krankheit die Rede gewesen
doch schadet der Staub, wie immer, den Augen. Kämtz[1]
zweifelt indefs, dafs namentlich der Sirocco in Palermo
Italien, so wie auch der Solano in Spanien diesen Ur
habe, letzteren leitet er vielmehr von den trocknen Hö
Andalusiens ab und der erstere soll seine Hitze durch
trocknen Felsen Siciliens erhalten. Als Argument hierfü
gelten, dafs er gerade in Palermo weit drückender ist,
einem sonstigen Orte Siciliens und Italiens, ungeachtet
Ort an der entgegengesetzten Seite der Insel liegt.
man aber die dortigen heifsen Winde aus Africa ablei
sey wenigstens gewifs, dafs dieser Luftstrom, der sich
mittelländischen Meere nothwendig abkühlen müfste,
trocknen und von der Sonne stark erhitzten Gegenden des
lichen Italiens und Siciliens einen neuen Grad von Hitze ent

Je gröfser die Autorität des Physikers ist, welcher
Behauptung aufstellt, desto gewichtiger müssen die Ar
seyn, die man ihr entgegenstellt, und solche sind, nach m
Ansicht, allerdings vorhanden. Zuvörderst ist das Zeu
Brydone's über die übermäfsige Hitze in Palermo schon
wankend gemacht worden, und gesetzt auch, dieser Reisende

1 Briefe aus dem Mittelländ. Meere. Weim. 1821. S. 30.
2 Meteorologie. Th. I. S. 277.

Sirocco zu Palermo viel heifser gefunden, als zu Neapel, onnte dieses immerhin zufällig seyn, denn an keinem die- eiden Orte ist er jederzeit gleich drückend. Die gröfsere : des Sirocco, als die des Solano in Spanien, dürfte wohl davon abzuleiten seyn, dafs der Harmattan, um nach en zu gelangen, zuvor über das Atlasgebirge strömen theils von den kalten Luftmassen, die in Spanien allezeit len hohen Bergspitzen in die Ebenen herabsinken und die e Hitze mildern. Betrachten wir ferner den Sirocco als Südwind, so gelangt derselbe über die Ebene östlich unis gerade zur Westspitze Siciliens, ohne durch den Aetna aufgehalten zu werden, und von hier aus in etwas Osten gehaltener Richtung, die er in Folge der Rotation le annehmen mufs (§. 4 u. a.), nach Neapel. Die nach aterhalb dieser Stadt liegenden Ebenen sind weder grofs noch erlangen sie wegen der Nähe des Meeres eine liche Hitze, um solche Winde zu erzeugen, als der in Neapel ist. Endlich bin ich geneigt zu glauben, e Samums der Wüsten zwar in diesen selbst eine hori- Richtung haben können, allein mit dieser werden sie is zu grofsen Entfernungen gelangen; ist letzteres der o haben sie sich gehoben und sinken dann durch die ihrer schnellen Bewegung wieder herab. Hiernach möchte auch die gemeine Annahme, dafs der Sirocco bei seinem ichen über das mittelländische Meer feucht werde, in ziehen, vielmehr scheint er mir, hoch über demselben chend, seinen Zustand der erschlaffenden Hitze da bei- ten, wo er niedersinkt. Als sehr beweisend hierfür und pt das ganze Verhalten sehr erläuternd betrachte ich es genauer bekannten Erscheinungen des *Föhns*. Dieser sich keineswegs als einen feuchten Wind an, wie die- sind, welche dem südlichen und westlichen Europa die nden Regengüsse vom mittelländischen Meere und von antischen Ocean zuführen, vielmehr zeigt er sich ganz als ocknen Wind, welcher die Kraft der nördlichen Luft- gen überwältigt und vielleicht mit Unterstützung der n Bergspitzen ohnehin herabsinkenden kälteren Luft- sich in die Alpenthäler stürzt. Diesem gemäfs müfsten nnach annehmen, dafs die emporgehobenen Samums der hoch über Berge und Meere fortgehend sich an ver-

schiedenen ungleich entfernten Orten niedersenken und übrigens daselbst unnatürlich heifsen Winde erzeugen.

Hiernach würden wir also im europäischen Sirocco, Solano, im Föhn und in den unnatürlich heifsen Winden südlichen Frankreichs, ja selbst des mittleren bis zum lichen Deutschland, den eigentlichen Charakter der wenn auch beträchtlich gemildert, wiederfinden. Dafs bis zu bedeutend hohen Breiten gelange, scheint mir zweifelhaft. Ich selbst habe an einem heifsen Tage im Jahr zu Hannover auf einem trocknen sonnigen Boden ein meter an einem Pfahle so aufgehängt, dafs es sich im des Pfahles befand. Es herrschte Windstille bei dr Hitze und heiterem Himmel, nur in einzelnen Absätzen in kurzen Intervallen ein Südwind, durch welchen in Thermometer, anstatt zu sinken, allezeit um 1°,5 bis stieg, beim Nachlassen desselben aber wieder fiel. Be wir demnach den Samum nach dem, wie sich diese ge Winde zeigen, so ist er nichts weiter als ein sehr hei trockner Wind. Allerdings scheint seine, bis zur kra Affection schwächende Eigenschaft stärker, als dafs blofs aus der Hitze abzuleiten geneigt seyn könnte, u man diesen seinen, dem Wohlbefinden nachtheiligen, sehr gesteigert denkt, so dürfte man auf schädlichere W desselben in den Wüsten selbst schliefsen, als die Reisenden sie angeben; allein es läfst sich von der Seite denken, dafs die Erschlaffung des heifseren S dem daran gewöhnten Africaner und Asiaten nicht na wirkt, als die des bereits kälteren bei dem gegen d empfindlichern Europäer.

40) Will man die in Europa wehenden heifsen aus Africa ableiten, so findet es Kämtz[1] unbegreiflich, bis zum südlichen Rufsland gelangen sollten, wo sich nach der Angabe von Pallas[2] dieselben allerdings fi wehen im Juli namentlich bei Zarizim, sind heftig, s und heben den Staub hoch in die Höhe, fangen ge um zwei Uhr nach Mittag an und dauern nie länger nach Mitternacht. Insbesondere sind sie den Schafe

1 Meteorologie. Th. I. S. 278.
2 Dessen Reise. Th. III. S. 643.

, die in Menge dabei zu Grunde gehen. Die Steppen-
e können sie nicht erzeugen, denn sonst wären sie nicht
ten schwerer Gewitter.

lierüber läfst sich nur wenig sagen, da die Thatsachen
wegs genügend bekannt sind, mindestens kenne ich
r nichts weiter, als was hier mitgetheilt worden ist. Kämen
Winde wirklich aus einem andern Welttheile, so müfsten
Asien und zwar aus Arabien kommen, welches unge-
i dieser Richtung südlich liegt, und die Unmöglichkeit,
on dort die aufsteigenden heifsen Luftmassen sich erst
em südlichen Rufsland wieder herabsenken, läfst sich
lem, was wir vom Sirocco wissen, wohl nicht stringent
n. Dabei bleibt aber die Zeit, welche sie genau inne
ollen, immer ein unauflösliches Räthsel. Nehmen wir
, dafs auch hierbei, wie sonst so oft, Uebertreibungen
tergelaufen sind, so dürfte das Phänomen im Ganzen
ithselhaft seyn. Südliche Luftströmungen, an sich schon
können über den weiten, zuweilen sehr trocknen, Step-
en ungewöhnlichen Grad der Wärme annehmen und bei
ider Dauer den Schafen, wenn ihnen nebenbei frisches
ser mangelt, sehr nachtheilig werden, ohne gerade
zu seyn. Aufserdem aber erlangen die Winde in
genden, wo keine hohen Berge ihnen Hindernisse ent-
llen, einen unglaublichen Grad der Heftigkeit, und es
daher die heifsen schon hierdurch allein ebensowohl
che Wirkungen haben, als die kalten (§. 44). Sind sie
Vorboten schwerer Gewitter, so dürfen wir auf einen
Wassergehalt derselben schliefsen, den sie vielleicht
a schwarzen Meere erhalten haben.

scheint mir erforderlich, hier noch eine Bemerkung
ügen, welche einem gangbaren Irrthume zu begegnen
nöge. Man findet häufig den *Mistral* im südlichen
ch als dem Föhn und dem Solano gleichend, mithin
Fortsetzung des Sirocco angegeben; allein nach den
Untersuchungen Fourmet's[1] kann dieses auf keine
ler Fall seyn. Der *Mistral*, oder nach den verschie-
provinziellen Benennungen *Mistraou*, *Magistral*, *Meistre*,

---

cherches sur la distribution des Vents dominants en France.
erschienene Monographie.

Vent de Cers, bei den Römern *Circius*[1] genannt, ist ein
südlichen Frankreich wehender, sehr heftiger NW., zuw
ganz nach N. übergehender Wind, welcher sich vom L
über den Meerbusen von Lyon herabstürzt, in seiner Fortse
über den Hafen Mahon auf Minorca hinstreicht und als e
licher Nordwind bis nach Algier gelangt. Meistens ist e
trocken und dadurch erkältend, bei minderer Stärke ab
genehm kühlend, und dauert bei grofser Heftigkeit nur
oder etliche Tage, bei minderer dagegen zuweilen
Wochen. Zu Toulon und Marseille bringt er heitere
nimmt zuweilen blofs die höheren Regionen der A
ein, in der Regel aber die unteren, und zieht im
Falle, wenn er länger anhält, die höheren Luftbewe
sich hinein. Behält er seine eigentliche nordwestliche
bei, so gelangt er nach den Küsten Italiens. Führt e
Regenschauer herbei, so geht er leicht in Stürme über,
aber von heftigen Niederschlägen begleitet, so wehet
schwach, wie dieses sich namentlich bei den schre
Ueberschwemmungen im Herbste 1840 zeigte, wo er
Tag etwas merklich wehete, statt dafs er den ganzen
gegangenen Sommer hindurch sich durch seine H
Trockenheit auszeichnete. In den Sommern 1771, 1
zeigte sich der Mistral nicht, sie waren aber auch aus
durch Hitze und Feuchtigkeit. Wenn nach den Beob
von Poitevin zu Marseille heftige S.- und SO.-W
vielem Regen geherrscht haben, so pflegt sich der M
dann einzustellen und heiteres Wetter zu bringen,
Wind durch SO., O. nach NO. herumgegangen ist
in letzterer Richtung festsetzt. Wollte man dieses
Auge fassen, so könnte man vermuthen, dafs be
wie beim Föhn, ein Kampf zwischen den südlichen
lichen Luftströmungen statt fände und also heftige R
ständen, wenn die ersteren, heiteres Wetter dagegen,
letzteren die Oberhand erhalten, mit Rücksicht auf e
und obere Strömung beider und ihre Vereinigung. D

1 Ein aus Gallia Narbonensis kommender, für Rom also
westwind, sehr heftig, wahrscheinlich nach dem griechisch
κιρκός, *gyrus*, wegen seiner wirbelnden Bewegung benannt.
H. N. L. II. c. 47. L. XVII. c. 2. Seneca Q. N. L. V. c.
N. A. L. II. c. 22.

tztere, die Vermischung beider, nicht allezeit, wenn auch
Regel, Niederschläge entstehn, glaube ich vielen Er-
gen gemäfs annehmen zu dürfen, denn beide können
trocken seyn, da sich die Eigenschaft unglaublicher
nheit den heifsen Winden nicht absprechen läfst, und
liefse sich dann die Wärme erklären, die dem Mistral
gt wird, sowohl wenn er schwach wehend Niederschläge
als auch wenn er bei gröfserer Stärke heiteres Wetter
ihrt.

) Die bisher betrachteten heifsen Winde sind die am
n und auch wohl am genauesten bekannten, weil die
n, denen sie angehören, schon lange des Handels wegen
ucht wurden; sie sind aufserdem wohl die heftigsten,
e Gegenden zu ihrer Erzeugung die geeignetsten Be-
en darbieten. Da die letzteren aber auch an andern
i genügender Stärke vorhanden sind, so müssen sie sich
gleichfalls zeigen. Man findet sie daher am westlichen
r Wüste Kobi[1], selbst in einigen Gegenden Hindostans[2]
den Llanos in America nach anhaltender Dürre[3]. Darf
Erzählungen HAAFNER's[4] volles Vertrauen schenken, so
n die Wirkungen der heifsen Winde, welche an der
rixa und Coromandel periodisch wehen, selbst die der
fricanischen und asiatischen Wüste, wo nicht an abso-
rke, doch durch die Steigerung in Folge längerer
Hiernach dauert die Zeit der in ungleich langen Pe-
henden heifsen Winde etwa sechs Wochen im April
und man sucht sich darauf durch Aderlässe vorzube-
Man hält mit Recht," sagt er, „den Strich der Erde
m Aequator für den heifsesten; ich habe beinahe ein
elbst gewohnt, ja ich habe einmal wegen Windstille,
Hitze auf dem Meere doppelt so heftig ist, als auf
nde, vierzehn Tage auf einem Schiffe unter dem
zugebracht; die Sonne sticht und brennt glühend,
dieses alles nichts gegen die erstickende Hitze zu
nten Zeit in Masulipatnam. In der ersten Woche ist

---

rer's Erdkunde. Th. I. S. 498.
ertia Reise. Th. I. S. 134. Th. II. S. 258.
mboldt Voyage. T. VI. p. 93.
e längs der Küste Orixa und Coromandel. In Sprengel's
h. XXXIX. S. 102..

„sie noch etwas erträglich, doch nimmt sie dann von Tag
„Tag so sehr zu, dafs man am Ende nicht mehr weifs, wo
„man sich wenden soll. Das Athmen wird kurz und schw
„Gesicht und Hände werden versengt, die Haut wird troc
„wie Pergament, alle Ausdünstung stockt und kein Mittel k
„sie wieder herstellen[1], man bekommt Kopfschmerz mit H
„entzündung, so dafs man nicht schlucken kann, während
„unausstehlicher Durst die Plage vermehrt; das einzige
„leichterungsmittel ist, den gröfsten Theil des Tages in
„hinzubringen. Die sonst so heitere Atmosphäre ist mit
„erfüllt, welcher dem Horizonte eine trübe blaue Farbe
„die Sonne erscheint als eine violette Scheibe, Teiche u
„trocknen aus, das Laub verdorret, die Vögel such
„Dickicht, die wilden Thiere verkriechen sich in ihre
„und es herrscht eine Todesstille. Der Wind ist
„stürmisch, der aufgewirbelte Sand trübt die Atmosphä
„deckt alles und dringt in die festverschlossenen Gemäch
„weilen ist er in solcher Menge vorhanden, dafs er den
„Nacht verwandelt und dann wieder glühend heifs her

Bis so weit bleibt alles in den Grenzen des Gla
was aber Haafner weiter über die Wirkungen hinzu
innert unwillkürlich an die über den Samum verbrei
beln. Hiernach ist es gefährlich, besonders um Mi
dem Hause zu gehn, weil die Luft zu sehr mit el
Feuer geschwängert seyn soll, so dafs man die Str
selben an der Erde hin und her fahren sieht und auf
stirbt, wenn man das Unglück hat, diese einzuathm
umwickelt daher Mund und Nase mit Tüchern, aber
erliegen alle Jahre mehrere Menschen diesem Ue
ganzer Körper dann blaue Flecke erhält und aufsch
wären sie vom stärksten Gifte getödtet worden.

Die unerträgliche Hitze wird durch den Landwin
der um die Mitte der heifsen Jahrszeit über die M
sandigen Heiden wehet, welche Masulipatnam auf der
umgeben. Er erhebt sich gewöhnlich Morgens um
und dauert ununterbrochen bis Nachmittags um vier
der Seewind, der die ganze Zeit als eine Wolk

1 Dieser scheinbare Mangel an Ausdünstung beruhet auf
lichen Gründen, als beim Samum. §. 36.

tonte ruhte, endlich durchbricht und mit seinem frischen he die abgematteten Geschöpfe erquickt. Zuweilen ge- it es aber, dafs der Landwind im Kampfe mit dem See- e die Oberhand behält und diesen bis ans Ende des Ge- kreises zurücktreibt, so dafs auf einen heifsen Tag eine heifsere Nacht folgt. Natürlich ist diese zugleich weit enehmer, denn die Luft ist dann noch dicker und das m noch beschwerlicher, an Erholung durch Schlaf aber ine Weise zu denken.

2) Die Ursache, welche allen bisher genannten heifsen n diese ihre Eigenschaft ertheilt, ist leicht aufzufinden, wegs aber ist dieses der Fall bei denen auf Neuholland, ja ollte nach der Localität vielmehr kalte Winde aus der- Gegend erwarten, aus welcher sie kommen. Inzwischen e Zeugnisse hierüber so übereinstimmend, dafs die That- einem Zweifel unterliegen kann. Die Insel ist bekannt- n südöstlichen Theile vorzugsweise angebauet und auf egenden, namentlich Sidney, Port Jakson u. s. w. be- sich auch die Nachrichten von den dort herrschenden Winden. Von hier aus gerechnet hat die Insel nach nd N. eine zusammenhängende Kette von Bergen, die sind, dafs alle bisherige Versuche, sie zu übersteigen, t vergeblich waren. Nach der Höhe und Ausdehnung erge wäre zu vermuthen, dafs die dorther wehenden kalt seyn müfsten, allein gerade das Gegentheil findet d da die Beschaffenheit jener Gegenden ganz unbekannt wäre es voreilig und anmafsend, Hypothesen über die wirksamen Ursachen aufzustellen. Peron[1] erzählt : „Nicht nur bringen die Nord- und Nordwest-Winde älte, sondern sie sind vielmehr für die Grafschaft and glühende Winde, die man mit dem Fürchterlichsten ien kann, was Africa hiervon aufzuweisen hat. Ihr nder Hauch zerstört alles, was seiner Wirkung ausge- ; nichts widersteht der Hitze dieses *Samum der Süd-* wenigen Augenblicken welkt die kräftigste Vegetation or ihm her vertrocknen Quellen und Bäche, und selbst ere sterben zu Tausenden unter seinem unglücklichen ." Hiermit übereinstimmend lautet die Erzählung von

[1] eise, d. Ueb. Th. I. S. 331.

Collins[1], welche bereits oben[2] zum Beweise der nur zuw
eintretenden, gleichsam unnatürlichen Wärme benutzt wurde.
gleiche Weise endlich erzählt John Liddiard Nicholls[3].
Januar 1814 wehete dort der Wind aus NW., welcher allerd
heifs ist, damals aber eine solche Hitze brachte, dafs das T
mometer auf 45°,6 C stieg und selbst die Vögel in den
figen davon starben.

43) Wie die veränderlichen Winde überhaupt, stehn
die heifsen mit Gewittern im genauen Zusammenhange. D
führt schon ihr wirbelartiger Charakter, denn häufig sin
eigentliche Wirbelwinde, wie schon aus der Menge des e
hobenen Sandes hervorgeht, oder sie sind von diesen be
die wiederum, wenn sie sich als eigentliche Wettersäulen
bei weitem in den meisten Fällen mit Gewittern verbunde
Inzwischen erwähnt auch Dénon[4] ausdrücklich, dafs w
des von ihm erlebten Chamsins am Nil ein Platzre
Mokatam alles überschwemmte, und aus den Angab
Rüppell[5] läfst sich folgern, dafs die heifsen Winde h
mit den heftigen Gewittern im Zusammenhang stehn,
dann am Sinai entladen.

44) Den heifsen Winden stehn die kalten entgege
denen jedoch keineswegs ein gleiches Aufheben gemach
als von jenen, indem vielmehr die Reisenden sie nur
erwähnen. Der Grund hiervon liegt in dem Umstand
die Menschen auf kurze Zeit hohe Grade der Kälte wei
ter ertragen und sich ungleich besser dagegen schützen
als gegen den Einfluſs der unglaublichen Hitze in de
wüsten der äquatorischen Zone. Im Allgemeinen pfl
die Wärme der Winde überhaupt nicht als etwas We
besonders zu beachten, man redet von ihren übrigen
schaften und betrachtet dabei die Temperatur derse
Nebensache, weil diese in der Regel die zu dieser Z
schende oder wenig davon abweichend ist. Nur ausnah
sind die Winde zuweilen im Winter vor heftigen Stür
warm und im Sommer nach starken Gewittern in F

1 Account of New-South-Wales. p. 153.
2 Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 463.
3 Reise nach Neuholland. Weim. 1819. S. 393.
4 Voyage. p. 179.
5 Reisen. S. 185.

sinkenden oberen Luftmassen sehr kalt[1], im Allgemeinen je nach der Jahreszeit kalt oder warm, ohne dafs dieses kt zu werden verdient, und nur dann werden sie nach ihrer Eigenschaft eigens bezeichnet, wenn sie sich durch be sehr auffallend auszeichnen. So wie es hiernach den betrachteten heifsen Winde giebt, kennt man aller- auch kalte, die sich auf gleiche Weise durch eine Tem- r tief unter der mittleren der Umgebung, wie jene durch über derselben auszeichnen. Eine Unterscheidung der n und kalten Winde kann also nicht darauf beruhen, dafs derselben über, andere unter einer gewissen Grenze tem- sind, denn überall finden diese Unterschiede statt, wie n Europa sich die südlichen und westlichen hierdurch m von den nördlichen und östlichen unterscheiden, son- r Unterschied mufs hervorstechend und durch specielle n herbeigeführt seyn.

lte Winde zeigen sich häufig in etwas längeren Thä- nn Seitenthäler auf sie stofsen, aus denen, wenn sie in dseite der Berge einschneiden, die kalte Luft herabfliefst en dem Hauptthale eigenthümlich zugehörigen Wind Vorzugsweise kalt sind sie dann, wenn sich das Eis Thälern den ganzen Sommer hindurch erhält, und da pfgehalt der Luft mit der Temperatur wächst, so müs- zugleich in einem hohen Grade trocken seyn. Solche d trockne Winde giebt es vorzüglich im hohen Asien, ; die im Winter oft mehrere Tage aus N. und NO. e Haut springen und die Meubels reifsen machen, und in Reisender widersteht, wenn sie zu Stürmen über- welchem Falle sie *Buranen* genannt werden. Der r Sounders und seine Gefährten verloren durch diese ast alle ihre Gesichtshaut. Ein eigentliches Gegenstück eifsen Winden liefern ferner die kalten und schnei- Winde, welche nach Pottinger[2] in der Wüste von istan während der Sommermonate zuweilen wehn. Sie unerwartet, wenn der Himmel bis auf einige kleine in NW. ganz rein ist, nach vorausgegangener drücken- vüle und nach den zahlreichen kleinen Wirbelwinden,

---

[1] vgl. Brandes Beiträge. S. 370.

[2] eisen durch Beloochistan u. Sind. Weim. 1817. S. 202.

die den Sand in ungleich dicken Säulen, wie die Wettersäu in die Höhe heben. Der kalte Wind ist meistens von heftig Regengüssen begleitet, hält nur etwa eine halbe Stunde verdunkelt die Luft so, dafs man auf zehn Schritte nicht sehn kann, und ist so heftig, dafs die Reisenden sich hin ihren Kameelen verbergen müssen, um ihn auszuhalten. Er den Nutzen, dafs er die drückende Hitze jener Gegenden einige Zeit mildert. Diesen Stürmen ähnlich, aber un verheerender, sind die kalten Stürme, *Wiuga* genannt, mit Schneegestöber begleitet, mehrmals im Jahre die r Steppen heimsuchen. Sie sind zwar durch ihre hohe gefährlich, weit mehr aber durch ihre Gewalt, welche so ist, dafs niemand auch bei der gröfsten Dringlichkeit s dem Hause wagt, Reisende aber sogleich einkehren oder Richtung der Wiuga das nächste Unterkommen suchen. D kommen mehrere Menschen, die dadurch überrascht werde das Vieh in den Ställen mufs hungern und dursten, we mand vom nahen Futter oder Wasser zu holen verm Freien aber kommen ganze Heerden um, die in Schneeschl gewehet werden oder in wilder Flucht sich hineinstürz Dauer beträgt meistens drei Tage[1].

Hieran reihen sich dann die *Schneestürme*, von bereits die Rede war[2], die sich indefs nicht sowohl d Kälte, als vielmehr durch ihre Heftigkeit auszeichnen gleiche Weise heftig, als in Norwegen, aber ungleich sind sie in Neufundland, wo sie aus allen Richtungen das in Eis verwandelte Seewasser über die Ufer tre den Boden überall sehr bald mit tiefem Schnee bedec cher den Eingang in die Häuser versperrt[3]. Solche stürme finden sich indefs nicht blofs in kalten Gegen höheren Breiten, sondern auch in südlichern, durch hoh merhitze ausgezeichneten. So erzählt Ker Porter[4] vo die zu Tabriz (Tebris, Tauris, in Persien) herrschen un zuweilen für ganze Gesellschaften lebensgefährlich s

1 S. Kohl im Magazin für d. Literatur des Auslande Berghaus Ann. 1839. Dec. p. 277.

2 S. Art. *Schnee*. Bd. VIII. S. 564.

3 Geschichte und Beschreibung von Neufundland und d. Labrador. A. d. E. von C. A. Anspach. Weim. 1822. S. 141

4 Reisen u. s. w. Weim. 1823. S. 292.

st erlebte dort einen solchen, wobei die Kälte bis — 10°,5 während der Nacht sogar bis — 21° C. herabging und Gegend mit mehrere Fuſs hohem Schnee bedeckt wurde, her bis in den März liegen blieb.

45) g) Bei weitem die gröſste Zahl der Winde sind die *ver-rlichen*, weswegen man häufig nur regelmäſsige und verän-he zu unterscheiden pflegt. Sie sind über den gröſsten Theil rde verbreitet, rücksichtlich ihrer Stärke von den langsamsten gungen bis zu den heftigsten Orkanen verschieden, und unter-rücksichtlich ihrer Richtung keiner Regel, mit Ausnahme des einen Drehungsgesetzes, wovon später die Rede seyn wird. Aus den im ersten Abschnitte (A) angestellten Unter-gen geht hervor, daſs partielle Erwärmungen oder Er-gen der Luftmassen als alleinige Ursache der Winde an-n sind, und so müssen auch die veränderlichen hieraus ret werden; allein es ist nicht wohl möglich, auch den ng dieser auf gleiche Weise unmittelbar hierauf zurück-en, wie bei den bisher betrachteten geschehn ist, weil derweitig bedingenden Umstände so zahlreich und zu-so wirksam sind, daſs es Mühe kostet, die ursprüngliche e wieder aufzufinden. Inzwischen geht Folgendes leicht verkennbar aus der Natur der Sache hervor. Wenn die nter der äquatorischen Zone auf eine solche Weise er-rird, wie sich aus der Entstehung des Passate entnehmen nd wenn sie daher mit einer ihrer erhöhten Wärme zu-nden Geschwindigkeit aufwärts strömt, oben wieder ab-die kalten Luftmassen von den Polen her dagegen her-nen und in den verdünnten Raum eindringen, in den Regionen aber die wärmere Luft nach höheren Breiten lieſst, so wird hierdurch allein schon eine Bewegung des groſsen Luftoceans entstehn, welche mit den gehörigen nationen an jedem gegebenen Orte Winde zu erzeugen nde seyn muſs. Es läſst sich denken, daſs auf einer ebenen Erdkugel diese Hauptströmung der kälteren Luft n Polen zum Aequator über der Erdoberfläche und um-t der wärmeren vom Aequator zu den Polen in den Luftregionen die einzig statt findende wäre, wonach die Windrichtung an allen Orten sich stets gleich und bestimmbar seyn würde. So wie ferner die von den herzuströmende Luft gegen den Aequator hin in Folge

der Erdrotation auf der nördlichen Hemisphäre eine nordöstliche auf der südlichen eine südöstliche Richtung annimmt, mufs a gleicher, aber entgegengesetzt wirkender Ursache die oben a fliefsende Luft auf der nördlichen Halbkugel eine südwestliche auf der südlichen eine nordwestliche Richtung erhalten. Di nothwendig bedingte Erscheinungen finden wirklich statt, u wenn wir dieselben genau ins Auge fassen, so läfst sich le ermessen, was für eine Menge veränderlicher Winde sch schon dadurch gegeben wird, dafs diese beiden Hauptströ gen durch Aufsteigen oder Herabsinken partieller Luft an irgend einem Orte gegen einander stofsen und nac jederzeitigen ungleichen Stärke der einen oder der andern selben eine mittlere Richtung annehmen.

46) Sofern die Erdoberfläche zum Theil aus Wasser, Theil aus festem Lande besteht, letzteres an vielen Orten hohen und in steilen Spitzen emporragenden Bergen be ist, aufserdem aber die stärkste Erhitzung des Bodens un über ihm ruhenden Luft wegen örtlicher Einflüsse ungl Breitengraden zugehören kann, dürfen wir auf keine We angegebenen oberen und unteren Luftströmungen als d statt findend erwarten; dafs sie inzwischen im Allgem wirklich vorhanden sind, dafür zeigt die Existenz der F winde und in Beziehung auf die minder leicht wahrnehm obere eine Menge von Phänomenen, die im Verfolge de tersuchungen sich ergeben werden. Ein auffallendes Be liefert die oben (§. 32) erwähnte Erscheinung des Föhn cher in Gemäfsheit seiner hohen Temperatur, die nach Angaben zuweilen über 40° C. hinausgeht, nur aus Luft bestehn kann, welche von der africanischen Wüste auf in bedeutender Höhe von Süden nach Norden herbe seyn müssen und diesseit der Alpen eine südwestliche tung annehmen. Inzwischen sind die Ursachen, welc normale Richtung sowohl des unteren, als auch des Hauptstromes abändern, so vielfach und so wirksam, d. dieselbe mitunter gar nicht mehr zu erkennen vermag. her gehören vor allen Dingen partielle Erwärmungen tro und pflanzenleerer Ebenen, umgeben von bewachsenen, gar waldigen oder gebirgigen Districten, über denen an nigen Tagen ein starker Luftstrom aufsteigt und die schende Windrichtung bedeutend modificirt. Auf ein

engesetzte Weise wirken nicht sowohl Berge überhaupt, uptsächlich mit Eis und Schnee bedeckte Kuppen und letschern erfüllte Thäler, wodurch die Luft abgekühlt und im Verhältnifs der Höhe mit grofser Geschwindig- erabsinkt. Noch weit stärker, als diese kalten Winde Thälern des Neckars und des Rheins (§. 25) sich zei- werden sie in der Nähe hoher Berge selbst auf der See nommen, und Kämtz[1] leitet aus dieser Ursache die n Stürme an Norwegens Küsten und in Finnmarken ab, nen Leopold v. Buch[2] erzählt, und die um so leichter ntstehn können, je mehr die Wärme des Meeres die der Felsenküsten übertrifft. Die Thäler der Schweizeralpen[3], aller Hochgebirge sind wegen der darin herrschenden bekannt, und dafs diese sich auch in den Cordilleren , erwähnt v. Humboldt[4].

ne specielle Untersuchung ist diesen Winden, nament- nen, die sich im Rhonethale zeigen, durch Fournet[5] eil geworden, wovon wir hier der Kürze wegen nur Hauptsachen mittheilen wollen. Aus dem Münsterthale afs strömt jeden Abend nach windstillen und warmen ein auffallend kalter Wind in die Ebenen von Colmar, r dort *Thalwind* heifst, und ebenso in den längeren um 9 bis 10 Uhr, in den kürzeren um 6 Uhr der dort annte *Pontias* in die Gegend von Nyons im Departe- ler Drome. Seine Stärke wächst im Fortgange der Nacht, nit Aufgang der Sonne schwächer und hört dann nach 1 Stunden ganz auf. Seine Kälte ist, selbst im heifsen er, so energisch, dafs er zuweilen Reif erzeugt; an ein- sehr heifsen und auch an regnerischen Tagen bleibt er len aus, auch wurde er bei dem tiefen Schnee im Win- 39 auf 1640 nicht beobachtet. Ueber seinen Ursprung ht unter andern die Fabel, dafs der heilige Cesaris den

---

Meteorologie. Th. I. S. 214. Da diese Stürme eine nordwest- mithin eine auf die Küste im Ganzen perpendiculäre Richtung und meistens warm sind, so dürfte die Ursache ihrer Entste- hne mehr zusammengesetzte seyn. Vergl. §. 97.

Reise nach Norwegen und Lappland. Th. II. S. 40 u. 91.

Scheuchzer Naturgeschichte des Schweizerlandes. Th. III. S. 8.

Voyage. T. VII. p. 211.

Des brises de jour et de nuit autour des montagnes (Extrait de téorologie du Bassin du Rhone). 4.

Wind des Meeres in einem seiner Handschuhe gefangen
gegen den Felsen geworfen habe. In einem andern, nicht
entfernten Thale herrscht um Mittag, hauptsächlich an he
Tagen, ein Wind, *Vesine* (böser Wind) genannt, welcher
das Dorf Pilles hinaus sich in der Ebene ausbreitet. Ein
Wind, *Solore* genannt, kommt aus einem Thale unweit
lans und folgt dem Laufe der Drome; manche kalte W
jener Gegenden haben eine so niedrige Temperatur, dafs
den Thälern, wenn diese sehr erhitzt sind, oft aus ei
heifsen Luftschicht unmittelbar in eine sehr kalte kommt.
liche sollen aus den Thälern zu Chateau-neuf-de-
zu Benivai, zu St. Mai und zu Venterol herrschen, und
NET selbst fand sie zu St. Eulalie und St. Laurent,
terliegt es keinem Zweifel, dafs sie sich noch aufserdem
andern Orten finden, ohne jedoch bis jetzt genauer bes
worden zu seyn. Wenn wir aufser diesen sehr entsch
den Beispielen berücksichtigen, dafs FOURNET bei aufme
Untersuchung dieser Phänomene noch eine Menge
partieller Luftströmungen auffand, z. B. im Thale von
gue, von Brevenne und von Gier an der östlichen S
Lyonesischen Gebirge, und im Thale von Ondaine an
gegengesetzten westlichen Seite, dafs er ferner ihr Vor
seyn in den Alpenthälern von Maurienne, Aosta u
andern nachgewiesen hat, so müssen wir hiernach sch
dafs sie nicht nur sehr häufig, sondern in allen zu ih
stehung geeigneten Thälern vorhanden sind. Sie zei
vorzugsweise als kalte, aus den Thälern in die Ebenen
wehende Winde, aber auch entgegengesetzt als aufwä
mende, wenn genügend ausgedehnte Flächen die E
eines hinlänglich starken aufsteigenden Luftstromes
starker Erwärmung durch die Sonnenstrahlen gestatten.
unter sind beide an den nämlichen Orten vorhand
wechseln nach den Tagszeiten, indem sie zugleich
Stärke örtlicher Erhitzungen und Abkühlungen abhängen.
sind am heftigsten in engen und von grofsen Höhen sic
abziehenden Thälern, und werden schwächer, wenn
weiter ausbreiten; wechseln beide mit einander, so tri
Zwischenperiode unbestimmter Schwankungen ein, der
fang und Dauer von den Jahreszeiten und der herrsch
Witterung abhängt. Die Configuration der oberen Th

r ist von bedeutendem Einfluſs auf das Entstehn dieser
e nach den Tags- und Jahreszeiten. So zeigen sie sich
age hervorstechender zu Maurienne, bei Nacht zu Nyons,
Winter mit seinem Schnee begünstigt den Nachtwind mehr
den genannten Orten, der Sommer mehr den Tagwind
aurienne, an einigen und wohl an den meisten Orten
die oberen, etwas starken Winde diese örtlichen gänz-
if, an andern, z. B. im Thal Sesia, können sie sie nicht
nterdrücken, und wenn die periodischen eine umgekehrte
ng erhalten, so ist dieses meistens ein sicheres Vorzei-
achfolgenden Regenwetters. Auch örtliche Temperatur-
isse können die Entstehung dieser Winde hindern, wie
der Pontias in den kürzesten Sommernächten ausbleibt,
das erhitzte Thal nicht Zeit hat, sich hinlänglich abzu-
. Endlich läſst sich leicht ermessen, daſs der Wechsel
mperaturen, welcher durch diese Winde herbeigeführt
auf die Gesundheit der Thalbewohner und auch auf die
tion in den Thälern einen sehr merkbaren Einfluſs aus-
nſs.

ie Entstehung dieser Winde läſst sich leicht auf die im
Abschnitte angegebenen pneumatischen Gesetze zurück-
, wonach die wärmere Luft mit einer bestimmbaren Ge-
digkeit aufsteigen, die kältere aber herabsinken muſs.
ist unter andern auch durch Saigey[1] geschehn, auch
Gras den Ursprung des Pontias auf diese Weise, allein
er wendet hiergegen ein, daſs für gleichmäſsige Ab-
g der Luft in der Höhe und in der Tiefe die täglichen
chtlichen Wechsel nicht statt finden könnten. Nach
Ansicht sind daher die hier betrachteten wechselnden
den bekannten Land- und Seewinden nicht vollkom-
sondern nur zum Theil gleich, weil eine ungleiche Er-
ng und Abkühlung der Luft über Ebenen und in Thä-
att findet, indem die letzteren, hauptsächlich wenn sie
n Erweiterungen mit ausgedehnteren Felsenwänden um-
sind, durch das Auffallen der Sonnenstrahlen auf diese
ngemein erhitzt werden, worauf dann aber, wenn diese
e aufhört, eine sehr bedeutende Erkaltung eintreten muſs,

---

[1] In: Physique du Globe, welches Werk durch Fournet benutzt ist.

weil die erwärmte Luft aufgestiegen ist und die umgeb
kalte desto energischer in den verdünnteren Raum eindri
Unleugbar ist das Verhalten bei der Entstehung dieser peri
schen Winde ungleich verwickelter, als dasjenige, welches
See- und Landwinde erzeugt, und es lassen sich daher h
einfache, für alle Fälle genügende Gesetze hierüber aufst
vielmehr müssen die Modificationen für jeden einzelnen
aus den vorhandenen örtlichen Bedingungen abgeleitet w

Wie durch wässerige Niederschläge nothwendig Luftbe
entstehn müsse, indem durch das Herabfallen derselben d
teren wärmeren Massen abgekühlt werden, dadurch an
cität verlieren, die oberen dagegen in diesen Raum herab
und die einmal eingeleitete Wirkung vermehren, ist bereits
erwähnt worden. Wenn man aber berücksichtigt, dafs die
durch erzeugten Bewegungen allezeit in dem ohnehin
bewegten Luftocean statt finden, durch das Zusammenfallen
der Bewegungen aber, je nach dem Verhältnifs ihrer ge
tigen Stärke, neue mittlere entstehn müssen, so läfst sich
ermessen, wie vielfach der Wechsel in Richtung und
bei den veränderlichen Winden seyn mufs. Hieraus
sich dann zugleich ein nahe liegender natürlicher Grund,
die Winde während der Dauer solcher Niederschläge
wechseln, endlich aber eine bestimmte Richtung annehm
diese dann eine längere Zeit beibehalten.

47) Die Hauptursache, welche die allgemeinen Strö
im Luftoceane erzeugt, gehört der äquatorischen Zone a
daher sind auch dort die Winde, mindestens in den
Regionen, am regelmäfsigsten, mit Ausnahme der zwisch
den Passaten liegenden mittleren Zone der Windstill
veränderlichen Winde. Je weiter man sich von hier a
den Polen entfernt, um desto zahlreicher sind, namentli
der nördlichen Halbkugel, die Bedingungen, welche die
tung der Winde abändern, und es wird hieraus begr
warum die beständigen Winde der äquatorischen Zone
schliefslich angehören, mit zunehmenden Breiten aber
mehr in veränderliche übergehn. Selbst die beständigen
werden mitunter durch locale Ursachen veränderlich, wo
dem Meere vorzugsweise die Küsten, auf dem Lande die
birgszüge gehören[1]. Die mit mäfsiger Geschwindigkeit

1 Interessante und lehrreiche Bemerkungen über den Einfl

n Passate finden auf dem Lande vielfache Hindernisse, erden also daselbst unterbrochen und beginnen erst wieder cht unbeträchtlicher Entfernung von den Küsten, wie oben 9) angegeben worden ist. Auf wie mannigfache Weise die ions durch die Richtung der Küsten bedingt werden, wird us den später über sie anzustellenden Untersuchungen er- . Vorzugsweise äufsert die Richtung und Ausdehnung der n einen bedeutenden Einfluſs auf die wechselnden Land- eewinde. Beide sind normal auf die Küsten gerichtet, letztere gerade und von grofser Ausdehnung sind, im ngesetzten Falle aber und hauptsächlich dann, wenn andere ngen vorherrschen, zeigen sich bedeutende Abweichun- n dieser Regel. In der äquatorischen Zone bewirkt der lige Ostwind, daſs der Seewind an den östlichen Küsten , der Landwind schwächer ist, und daſs an den west- Küsten das Gegentheil statt findet, wie FORSTER[1] be- merkt hat. KÄMTZ[2] hat hierüber einige sehr interes- Thatsachen zusammengestellt. Haben die Küsten eine g gegen die Richtung der herrschenden Winde, so ver- sich der Seewind und Landwind während ihrer Dauer, ich entfernt sich der erstere Morgens etwas von der g der herrschenden Luftströmung und im Verfolge zu- l, bis er etwa um 3 Uhr lothrecht auf die Küste ge- st und dann allmälig zur ursprünglichen Richtung wie- ekkehrt. Da, wo z. B. die Küste Sumatra's[3] sich von ch SO. erstreckt, sollte der Seewind aus SW., der d aus NO. wehn, allein wenn daselbst ein NW.-Wind , wie dieses einige Monate lang der Fall ist, so folgt n ein Seewind aus W. Die Küste der Campechebai[4] Richtung von O. nach W. und die herrschende Wind- ist daselbst ONO., die Land- und Seewinde, die aus N. und S. kommen müſsten, wehn aus NO. und ehnliche aus den herrschenden und den Brisen zusam-

---

die Windrichtungen hat HOPKINS der Versammlung der bri- sturforscher im Jahre 1841 mitgetheilt. S. l'Institut 1841.

merkungen über Gegenstände d. phys. Erdbeschreib. S. 109.
teorologie. Th. I. S. 172.
MARSDEN's Sumatra. p. 17.
SPIKE Traité des Vents. p. 35.

mengesetzte Windrichtungen findet man auf Batavia[1], allge
aber erheben sich die Land- und Seewinde nicht zu bedeute
Höhen, denn die Wolken behalten fortwährend diejenige Ri
tung bei, welche ihnen durch die herrschenden Winde geg
wird[2].

48) Auch auf die Stärke der Brisen soll nach Kämtz
Configuration der Küsten einen entscheidenden Einfluss a
und zwar in der Art, dass bei weit vorspringenden Vo
gen den Landwind geringer und beinahe verschwinde
bei Meerbusen aber das Gegentheil statt findet. Als
wird unter mehreren angeführt, dass an den Vorgebirg
sich am nordöstlichen und südöstlichen Theile von Jam
finden, die Landwinde zu den Seltenheiten gehören, we
die Schiffer den Wahn hegen, diese würden daselbst
böse Dämonen zurückgehalten, ja einige Male begab
Expeditionen auf das Cap Pedro, um die vermeintlich
monen zu vertilgen[3]. Dampier[4] fand an der Westküste
rica's, am Cap Passao, St. Laurence, Cap Blanc u. s.
Landwinde, dagegen im Meerbusen der Campechebay
Cap St. Martin und Condecedo dieselben stärker, als in
einem andern ihm bekannten Puncte, wobei jedoch Kä
Recht erinnert, dass hier die starken Landwinde wohl
von den Bergen herabströmenden kalten Luftmassen
werden mögen. Auf dem Festlande geben übrigens,
von den Sandwüsten als Sitzen der heissen Winde,
Ebenen durch Erhitzung der über ihnen ruhenden o
bewegten Luftmassen, ausgedehnte waldige Gegend
Abkühlung derselben, Thäler, welche Bergzüge dur
den, und selbst Ströme in Folge der Bewegung, die
ihnen adhärirenden, fortwährend von ihnen mit Wa
erfüllten Luftmassen mittheilen, eine Menge Bedingung
durch die allgemeine Luftströmung abgeändert und d
Ungleichheit der gleichzeitig und an nicht eben sehr
einander entfernten Orten wehenden Winde erzeugt
kann. Vor allen Dingen aber äussern gröfsere Waldun

1 Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap. T. I.
2 Le Gentil Voyage. T. I. p. 480.
3 Dampier Traité des Vents. p. 33.
4 Ebendaselbst.

ondere Bergzüge einen entschiedenen Einfluſs auf die lerung der Windrichtungen, ja es bedarf hierzu nicht ein- roſser Urwaldungen und ausgedehnter Ketten von Urge- , sondern selbst kleinere, aber dichte Wälder und nie- ergzüge bringen eine unerwartete Wirkung hervor. Nach rungen O. Eisenlohr's wird die Windrichtung zu urg und Carlsruhe, wie nahe auch beide Orte einander , durch die Vogesen und die Schwarzwaldgebirge merk- geändert; wählt man aber ausgedehntere Strecken, so gleichzeitige Beobachtungen sehr ungleiche Windrich- an den verschiedenen Orten. Solche gleichzeitige Be- ungen sind selten, jedoch haben wir deren genug in den timer Ephemeriden[1], um daraus die Richtigkeit des auf- en Satzes zu erweisen. Einige sehr interessante That- zur Unterstützung dieser Behauptung hat Fournet[2] lie Zusammenstellung der gleichzeitigen Windrichtungen s mit denen zu Lyon, zu Marseille, zu Toulon, im biete der Rhone, der Durance u. s. w. und der letztern ich geliefert. Unter andern erwähnt er auch, daſs nach gaben von Merian über verschiedene Puncte bei Basel n Meyer über Mühlhausen im benachbarten Elsaſs die chtungen an diesen einander sehr nahe liegenden Orten len Einfluſs der Gebirge und der Krümmung des Rheins rkliche Aenderungen erleiden. Von vorzüglicher Wich- sind in dieser Beziehung seine Untersuchungen über den ichen Frankreich herrschenden *Mistral* (§. 40). Dieser i der Richtung WNW., N., NW., je nachdem er im ler Aude oder der Rhone herabsinkt, von wo aus er s Nord- oder als Nordwestwind über das mittelländi- eer fortgeht. De Saussure suchte die Ursache seines ens in der höheren Temperatur des Wassers im Meer- von Lyon, allein Fournet stellt diesem entgegen, daſs Wirkung nur bei Nacht und im Winter statt finden könne, auf den auf gleiche Weise im Sommer und am Tage en Mistral nicht anwendbar sey, wie vor allem auffal- raus hervorgehe, daſs er eine dem Seewinde an der

---

[1] Vergl. Brandes Witterungskunde S. 50, 77 u. a. a. O.
[2] Recherches sur la distribution des Vents dominants en France

Küste des südlichen Frankreichs entgegengesetzte Richtung hat. Dagegen läfst sich aus der Configuration der diese Gegend des südlichen Frankreichs einschliefsenden Berge leicht nachweisen, dafs durch den Widerstand, welchen diese den mittleren und nördlichen Frankreich im Ganzen herrschenden Westwinden entgegenstellen, diese eine mehr nördliche Richtung annehmen und in NW. und N. Wind übergehen müssen. Auf gewisse Weise könnte man den Mistral diesemnach als einen im Grofsen hervortretenden Thalwind betrachten, wie Fourbet gleichfalls näher untersucht hat (§. 46), die Sache gewinnt aber noch bedeutend an Wichtigkeit, wenn sie in Beziehung auf die allgemeine Strömung im Luftocean der nördlichen Halbkugel und namentlich auf das später zu entwickelnde allgemeine Drehungsgesetz betrachtet. Es stellt sich nämlich unverkennbar heraus, dafs der in Europa, mindestens dem westlichen, vorherrschende W.-Wind (§. 69) mit seiner südlicher Richtung, welcher als eine Fortsetzung des nordöstlichen SW.-Passates betrachtet wird, theilweise im südlichen Frankreich eine nördliche Richtung annimmt, und dafs auf diese Weise beträchtliche Luftmassen dem Aequator wieder zuströmen, um zur Bildung des NO.-Passates der nördlichen Halbkugel beizutragen.

Vorzugsweise ist die Richtung der Winde an verschiedenen Orten ungleich bei localen Stürmen, wie später gezeigt werden soll, aber man trifft dieses auch ohne jene gewaltsamen Luftbewegungen. Um eins der neuesten Beispiele anzuführen, erwähne ich die verschiedenen Windrichtungen, welche bei den correspondirenden Beobachtungen am 2. Jan. 1841 wahrgenommen wurden[1]. Es herrschten Mittags zu Gröningen, Franeker, Utrecht, Lyon und Mailand NO., zu Amsterdam SO.; zu Gent, Boulogne und Neapel SSW., zu Alost SSO.; zu Löwen, Brüssel, Genf und Krakau SW., zu Maestricht und Paris NW.; zu Marseille O.; zu Toulon und zu Parma WNW.; zu Lemberg WSW.

49) Wie leicht durch das Zusammenwirken dieser verschiedenen Ursachen veränderliche Winde erzeugt werden, erkennt man leicht, es darf aber dabei die Hauptveranlassung, die unausgesetzten Strömung des Luftoceans von den Polen

1 Bulletin de l'Acad. Roy. de Brux. T. VIII. p. 470.

tor in den unteren Regionen und vom Aequator nach
den grofsentheils in den oberen nicht übersehn werden.
i würden sich zwar die kalten Polarströme stets in den
Regionen erhalten, die leichteren äquatorischen aber
nen hinfliefsen, wie denn überhaupt der kältere Luft-
der niedrigere, der wärmere der obere zu seyn, und
beide einander begegnen, der letztere durch den ersteren
ehoben zu werden pflegt; wenn aber beide sich mit ein-
vermischen, was unausbleiblich sehr oft geschehn mufs,
ntstehn Niederschläge, und dadurch wird genügende
ssung zur Erzeugung veränderlicher Winde gegeben.
er der Passatzone aufsteigenden, nach den Polen hin
nden Luftmassen müssen sich anhäufen, durch ihre
nde Masse bald herabsinken, und aus dieser Ursache
n schon an den äufseren Grenzen der Passate Stürme,
n den Seefahrern in beiden Hemisphären oft wahrge-
n werden. Weiter nördlich zwischen 30° und 40° wer-
Winde wieder regelmäfsiger, vorzüglich auf der süd-
Halbkugel, wo die störenden Bedingungen minder zahl-
ind[1]; die mehr abgekühlten äquatorischen Luftmassen
n auf der nördlichen Halbkugel aus oben (§. 19) an-
en Gründen einen SW.- und auf der südlichen ei-
Wind von solcher Regelmäfsigkeit, dafs die Schiffer von
Vestpassate in diesen Breiten reden. Aus dieser Ursa-
len die Ostindienfahrer die Richtung, dafs sie zuerst
n Küsten America's und dann mit dem regelmäfsigen
Vinde nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung steuern[2].
folgert indefs aus den Angaben mehrerer Reisenden,
er zunehmenden Breiten der Ostwind wieder regel-
werde, indem Cook diese Richtung auch auf der
n Halbkugel als die herrschende antraf. Hiernach wür-
die veränderlichen, vorzüglich westlichen Winde den
, die regelmäfsigen, namentlich östlichen Winde aber
torischen, von den Polen nach niederen Breiten hin
Luftströmungen endlich den höheren nördlichen und

---

[1] ...iell Essays. p. 104.
[2] ...nardine in: Oxford Voyages and Travels. T. II. p. 32.
[3] ...teorologie. Th. I. S. 209. Er beruft sich auf Forster's Be-
... u. s. w. S. 110.

südlichen Zonen vorzugsweise angehören. Nähere Bestimmungen hierüber lassen sich aus dem allgemeinen Drehungsgesetz entnehmen (§. 71).

Als eigenthümliche Winde liefsen sich hier noch die Tornados, Hurricane, Typhons und andere anreihen, die ich für den Abschnitt E. aufspare.

C. Richtung der Winde.

50) Man betrachtet gemeiniglich die Winde als mit gleichbleibender Geschwindigkeit in horizontaler Richtung bewegte Luftmassen, inzwischen zeigen die gemeinsten tägl. Erfahrungen, dafs mindestens bei den veränderlichen Bewegungen in Absätzen stofsweise erfolgen, und um den Ursprung der Wasserwellen namentlich beim Meere zu erklären wird angenommen, dafs der Wind wo nicht in verticaler, doch in geneigter Richtung gegen die Wasserfläche stofse. Betrachten wir zuerst die horizontale Richtung, so ist diese deswegen die natürlichste, weil die Luftmassen sich über festen Erdoberfläche oder dem noch ebenern Meeresspiegel bewegen. Allein die Erde ist an den meisten Orten uneben, die Erhabenheiten derselben dienen als Hindernisse, die steigt an der Vorderseite der Berge empor und sinkt nach ihrer starken Bewegung an der abgewandten Seite wieder herab, wird dadurch in ihrer gleichmäfsigen Bewegung gestört, und hieraus sind wohl die abwechselnden Luftstöfse ganz oder gröfstentheils abzuleiten. Auf offenen sind nach den Erfahrungen, die ich auf der Nordsee und adriatischen Meere zu machen Gelegenheit hatte, die stofsweise erfolgenden Windstöfse bei weitem nicht so stark als auf dem Lande, und auch auf hohen Bergen zeigt sich die Luftbewegung weniger unterbrochen; doch habe ich auf der Spitze des Brockens einige Male bis zum Sturm gehende Winde beobachtet, bei denen die intermittirend erfolgenden Stöfse sehr ungleich an Stärke waren. Hieraus dürfte sich auch auffallend starke Brausen erklärbar seyn, welches man oft wahrnimmt, wenn bei mäfsiger Luftbewegung oder Windstille in den unteren Regionen heftige Stürme in oberen herrschen, wenn anders dieses Getöse nicht aus fernten Gegenden, wo der Wind gegen Bäume und

benheiten stöfst, durch die Luftbewegungen in den oberen
nen fortgetragen und daher durch Täuschung in diese
tzt wird. Inzwischen bin ich nicht geneigt, dieser letz-
Hypothese beizupflichten, denn man hört das Getöse
im nördlichen Polarmeere, wo es doch nur etwa durch
ervorragenden Gipfel der Eisberge erzeugt werden könnte,
höchst unwahrscheinlich ist. Der erfahrene und in seinen
chtungen so genaue SCORESBY[1] ist vielmehr der Mei-
, dafs die Stürme im nördlichen Polarmeere sehr häufig
in den oberen Regionen vorhanden sind und erst spä-
zur Erdoberfläche herabsinken, er leitet daher hieraus
tausen ab, welches man nicht selten vor den Stürmen in
höhe wahrnimmt, mit dem Zusatze, dafs dieses Verhalten
allen Breiten statt finde. Zum Beweise führt er an, dafs
Vater einst an einem heiteren Tage an der nördlichen
der Carlsinsel landete und aus Neugierde einen steilen
von 2000 engl. Fufs Höhe hinaufkletterte, dessen obere
eine Ebene von der Gröfse einer gewöhnlichen Tisch-
bildete, die über einen lothrecht unter ihr liegenden Ab-
herüberragte. Als er sich über den herrlichen Anblick
, sah er in einiger Entfernung eine kleine Wolke her-
, und wurde dann augenblicklich von einem so heftigen
ergriffen, dafs er sich niederwerfen und durch die in
nee gesenkten Arme festhalten mufste, um nicht herab-
ndert zu werden.

brigens halte ich die Ansicht für durchaus irrig, wo-
an den Wind für eine gemeinschaftlich gleichmäfsige
ige Bewegung der gesammten Lufttheilchen halten
Die schönen Untersuchungen über die Beschaffenheit
sserwellen[2] haben dargethan, dafs diese aus einer ei-
lichen rotatorischen Bewegung der einzelnen Wasser-
n bestehn, und eben solche müssen auch den Lufttheil-
i allen Winden nach mechanischen Gesetzen eigen seyn.
Ursache auch eine Luftbewegung erzeugen möge, nie
mit absoluter Gleichheit, stets dagegen mehr oder we-
gleich auf die einzelnen Massen wirken; die stärker

---

ccount of the arctic regions cet. Edinb. 1820. II T. 8. T. I.

l. oben Art. *Wellen*.

gestofsenen Theile müssen demnach seitwärts ausweichen, un
hieraus, so wie aus dem ungleichen Widerstande, welch
sie zu überwinden haben, entsteht dann nothwendig eine ro
tirende Bewegung, welche, einmal erzeugt und durch vielfach
hinzukommende Ursachen wieder erneuert, dem Winde i
seinem Fortgange stets eigenthümlich zugehört. Es versteht
sich von selbst, dafs hier von einer Rotation um eine vertik
oder wenig geneigte Axe, welche den Wettersäulen eigenthü
lich zugehört[1], nicht die Rede sey, vielmehr blofs von den
nigen Drehungen in willkürlichen Ebenen, die wir bei
wöhnlichen veränderlichen Winden anzunehmen veranlafst w
den. Bei sehr schwachen Luftströmungen zeigt sich allem
eine aus der Bewegung namentlich der fliegenden Spinnen
webe im Herbste wahrnehmbare gleichmäfsige Strömung
Luft, bei stärkeren aber läfst sich von dem Umherwe
leichter Körper, vorzugsweise aus dem über den Schornst
aufsteigenden Rauche, mit Sicherheit auf die vorhandenen
wirbel schliefsen, die durch hervorragende Gegenstände, i
sondere Bäume und Häuser, theils erzeugt, theils ver
werden. Mit Vergnügen beobachtete ich einst aus dem
ster über einem freien Platze die Bewegung einer Flam
die in wechselnd ungleich excentrischen Kreisen bald in
fseren bald in geringeren Höhen und mit ungleicher Gesch
digkeit mehrmals umhergetragen und endlich erst fortg
wurde. Bei den Untersuchungen über die Winde dürfe
daher diese wellenartige Bewegung[2] nie aus dem Auge v
ren, die übrigens mit der Höhe abzunehmen und end
verschwinden scheint, woraus hervorgeht, dafs sie vorzü
durch den ungleichen Stofs beim Entstehn der Winde un
mehr durch die Hindernisse, die der bewegten Luft e
stehn, erzeugt wird. Beobachtet man den aufsteigenden
oder niedrig ziehende Wolken, so gewahrt man bald, d
in Folge einer drehenden Bewegung ihre Gestalt ändern
mit ungleicher Geschwindigkeit sowohl aufsteigen, als
fortschreiten; bei den feineren sehr hohen Wolken ist
aber nur selten der Fall, sofern man dieses in so weiter
fernung zu beobachten vermag. Dort mufs also die wirk

1 Vergl. Art. *Wettersäule.*
2 Vergl. Forster über die Wolken. S. 204.

ge und rotatorische Bewegung der Luft geringer seyn oder
nzlich fehlen, doch erinnere ich mich zuweilen ein ungleich-
s, mitunter stofsweise abwechselndes Fortrücken selbst der
inen Federwolken bemerkt zu haben.

51) Die Richtung der Winde ist inzwischen im Allge-
nen eine *horizontale*, und mufs dieses seyn, sofern sie
längerem Fortgange über der Erdoberfläche diese annehmen
sen. Nicht minder gewifs aber ist, dafs namentlich Berge
Verhältnifs zu ihrer Höhe die Luftströmungen aufsteigen
ien, wodurch dann die jenseits zunächst liegenden Orte
len eigenthümlichen Einflüssen der Winde zum Theil ge-
tzt werden; später aber sinkt die Bewegung der Luft wie-
in die Tiefe hinab, denn sonst müfsten hohe Berge
i die Winde, welche auf ihre Erstreckung lothrecht ge-
t sind, bis auf jede Entfernung hin schützen. Hierdurch
ndefs eine von der horizontalen abweichende geneigte
ung der Winde unwidersprechlich gegeben. Es ist ferner
bei der Untersuchung der Wellen bemerkt worden, dafs die
thung der Wasserwellen mit Grunde aus einem verticalen
geneigten Stofse des Windes auf die Wasserfläche abge-
wird, und auch dieses deutet daher eine wenigstens tem-
von der horizontalen abweichende Richtung der Winde
Eine der wesentlichsten Ursachen des Entstehens der
e wird mit Recht im Herabsinken kälterer Luftmassen
len dadurch bewirkten Niederschlägen gesucht, welche
e die ursprüngliche Ursache der Winde noch verstärken.
hänomen dieser Art hatte ich einst Gelegenheit zu be-
en. Bei mäfsigem Winde und leicht, aber völlig be-
m Himmel sah ich in geringer Entfernung von dem Ab-
eines niedrigen Berges eine schlauchartige Wolke sich
h schnell in einer Neigung von etwa 50 Graden gegen
orizont herabsenken und dann mir entgegen sich bewe-
Die Wolke war weifser und dünner, als diejenigen,
den Himmel bedeckten, ihre Dichtigkeit ward bald ver-
t und verschwand allmälig, allein nach kurzer Zeit trat
der Richtung ihrer anfänglichen Bewegung mich treffen-
rklicher Windstofs ein, welcher zunehmend heftiger
, sich allgemeiner ausbreitete und zuletzt einen Regen-
herbeiführte. Es darf übrigens kaum bemerkt werden,
e Richtung des Windes zwar beim Entstehen und ab-

satzweise auch beim Fortgange desselben gegen den Horizo
geneigt seyn könne, wegen des Einflusses der Erdoberfläch
aber bald wieder in die horizontale übergehn und diese a
im Ganzen beibehalten müsse. Die partielle Erwärmung d
Bodens und der über ihm ruhenden Luft bewirkt zwar d
Aufsteigen der letzteren (*courant ascendant*), wie namentl
bei der Entstehung der Passate angenommen wird, allein hi
aus entsteht kein eigentlicher, über der Erdoberfläche sich
Wind, obgleich ein solcher in gröfseren Höhen viel
wahrnehmbar seyn könnte; vertical aufsteigende Winde w
sich also nicht anders als in aufserordentlichen Fällen
wenn mächtig wirkende Ursachen sie erzeugen, wie
(§. 14) erwähnt wurde.

52) Bei den Passaten findet ein bestimmtes Gesetz
Richtung statt, indem sie in den niedern Regionen d
des Aequators eine nordöstliche, jenseit desselben eine
östliche Richtung haben, welche in den höheren jene in
südwestliche, diese in die nordwestliche übergehn. Die
stenz dieser entgegengesetzten Luftströmungen ist zur B
gung der Theorie durch unzweifelhafte Thatsachen ge
nachgewiesen worden. Am bekanntesten ist das Beisp
Aschenregens auf der Insel Barbadoes im Jahre 1812, welch
herrschendem NO.-Passate eintrat und die Bewohner in
staunen setzte, weil sie den Ursprung desselben nicht
finden vermochten, da in dieser Richtung kein Vulcan
bis sie erfuhren, dafs die Asche von den Vulcane der w
liegenden Insel St. Vincent herbeigeführt worden sey, w
gleiche Weise herrscht auf dem Gipfel des Pico di T
Westwind, obgleich auf der Insel selbst der Nord
unausgesetzt weht[1]. Nach Paludan[2] sollen überhaupt a
tropischen Meeren die sehr hohen feinen Wolken sich
in einer den Passaten entgegengesetzten Richtung be
Diese durch fortwährend wirkende Ursachen bedingten
strömungen müssen nothwendig auf die Richtung der
über jede der beiden Halbkugeln einen merklichen E
ausüben, wie sich in der Folge aus dem allgemeinen

1 L. v. Buch phys. Beschreibung d. canarischen Inseln. Berl. 8. 68.

2 Schouw Klimatologie. Hft. I. S. 55.

gesetze des Windes näher ergeben wird; auch mag
n wohl zum Theil der Grund liegen, weswegen nach
ow[1] in Europa zwischen 50° und 60° N. B. die West-
e, mindestens im Sommer, die vorherrschenden seyn sol-
allein es giebt für alle aufserhalb der nächsten Grenzen
'assate liegende Gegenden so viele die Windrichtungen
gende Ursachen, dafs man die daselbst herrschenden Winde
lecht veränderliche genannt hat. Die Grenze beider in
iedenen Höhen entgegengesetzt wehenden Winde ist
r anzugeben, weil geeignete Beobachtungen hierüber sel-
nd und es dabei sehr auf den Grad der Erwärmung der
assen ankommt, wodurch sie, die ihnen eigenthümliche
ng beibehaltend, zu gröfseren oder geringeren Höhen ge-
werden, bis sie oben wieder abfliefsen. Von den we-
hierüber bekannten Thatsachen erwähne ich nur eine
e A. v. Humboldt's[2], welcher auf der Silla de Caracas
10° 31′ N. B. den NO.-Passat noch auf einer Höhe
100 F. antraf, und auf dem Pico di Teneriffa den West-
in 11400 F. Inzwischen läfst sich hierauf keine allge-
Regel gründen; denn die erhitzten äquatorischen Luft-
steigen bald mehr, bald weniger hoch empor, und sen-
ch ebenso in ungleichen Höhen wieder herab, wie man
tlich daraus ersieht, dafs der Sirocco sich häufig in Si-
und Italien zeigt, an diesen Orten aber meistens fehlt,
er als Föhn über die Alpen kommt.

3) In denjenigen Gegenden, wo die veränderlichen Winde
ien, zunächst unter mittleren Breiten, findet man sehr
und fast allezeit in verschiedenen Höhen sehr ungleiche
ichtungen, die sich unter willkürlichen Winkeln durch-
n, zuweilen sogar ganz entgegengesetzt sind. Schon
ertin[3] erwähnt dieses, redet aber nur von zwei in ver-
nen Richtungen, zuweilen einander gerade entgegenge-
blasenden Winden, indem z. B. die Windfahnen nach
stehn, die Wolken aber nach Westen getrieben werden.
htungen dieser Art giebt es in Menge, wodurch die
che selbst genügend erwiesen ist, die jedoch durch den

Ny Hygäa. 1826. Apr.
Voyage. T. IV. p. 259.
Schwed. Abhandl. Deutsche Ueb. Bd. XXIV. S. 183.

Umstand ein neues Interesse erhält, dafs die Bezeichnung der Windrichtungen in den meteorologischen Registern dadurch ungewifs wird. Wargentin sagt, dafs in solchen Fällen der Stand der Windfahnen anzugeben sey; neuerdings pflegt man die Art, wie die Windrichtung gefunden wurde, vorher genau zu bezeichnen, um Mifsverständnisse zu vermeiden. Nicht selten gewahrt man selbst zufällig sogar drei verschiedene Windrichtungen, die eine durch den Stand der Windfahne, die zwei anderen durch den verschiedenen Zug der ungleich hohen Wolken, und nimmt dabei als Regel an, dafs der höhere zuletzt die Oberhand und für längere Zeit die Herrschaft behalten werde. Vorzugsweise wird die allgemeine Windrichtung durch Berge abgeändert und Kämtz[1] bemerkt daher mit Recht, dafs Beobachtungen derselben nur in Ebenen oder auf solchen Höhen, in deren naher Umgebung sich keine höhere Berge mehr finden, anzustellen sind, wenn man vergleichbare Resultate verlangt; aber auch dann mufs angegeben werden, ob die Bestimmungen aus der Richtung der Windfahnen oder denen der Wolken entnommen sind. Dieses ergiebt sich aus der Vergleichung beider, welche Placidus Heinrich[2] in den Monaten Mai, Juni und Juli des Jahres 1791 anstellte. Hier wehete

N.	oben	9 mal,	unten	11 mal.
NO.	—	11 —	—	12 —
O.	—	7 —	—	10 —
SO.	—	3 —	—	9 —
S.	—	5 —	—	5 —
SW.	—	15 —	—	14 —
W.	—	76 —	—	40 —
NW.	—	19 —	—	44 —

An denjenigen Orten, namentlich in Städten mit hohen Häusern und vielen Thürmen, die am Ausgange eines Thales oder am Fufse eines Berges liegen, ist die eigentliche Windrichtung aus dem Stande der Windfahnen kaum oder gar nicht mit Sicherheit bestimmbar, indem dieselben, auch wenn beschädigt zu seyn, verschieden zeigen[3]; aber auch an sol-

1 Meteorologie. Th. I. S. 161.

2 Aus Mannheimer Ephemeriden von 1791.

3 Pleininger in: Beschreibung von Stuttgart. Stuttg. 1834. S. 54 erwähnt ausdrücklich, dafs in jener Stadt wegen der Ru-

, wo sich die genannten auffallenden Hindernisse nicht
, gewahrt man sehr häufig in geringen und in gröfseren
n bedeutende Unterschiede der Windrichtungen. Einzelne
auffallende Beispiele dienen dieses zu bestätigen, z. B.
igen, welche Robison[1] erwähnt, mit dem Zusatze, dafs
ungleiche Richtungen zuweilen eine geraume Zeit an-
. Als im holländischen Kriege 1781 eine englische Flotte
afen zu Leith lag, herrschte ungefähr fünf Wochen lang
harfer Ostwind und während der letzten vierzehn Tage
leichfalls scharfer Westwind, in einer Höhe von etwa drei
l einer englischen Meile, wie man deutlich aus der Rich-
der Wolken in der unteren und oberen Luftschicht wahr-
n konnte. Ein Augenzeuge sah bei der Belagerung von
ck im Jahre 1759, als ein so scharfer Westwind wehete,
wohlbemannte Bote kaum ihm entgegenrudern konnten,
us der Stadt geworfene Bombe etwa eine halbe engl.
hoch zerplatzen und hieraus eine Rauchmasse entstehn,
ber eine Viertelstunde an dem nämlichen Orte blieb und
llmälig zerstreute. Entweder mufste daher in dieser Höhe
Windstille herrschen, oder nach der Ansicht Robison's
se Schicht zwischen zwei andern von gerade entgegen-
ter Windrichtung. Langsdorf[2] beobachtete einst, dafs
teren Segel des Schiffes schlaff zusammenfielen, während
eren dagegen straff aufgeblasen wurden; Bruce[3] erwähnt,
ährend der ganzen Nacht Nordostwind wehete, welcher
gegen Morgen etwas weiter nach Ost wandte, während
eren Wolken deutlich einen Südweststrom zeigten; ein
es Beispiel entgegengesetzter Windrichtungen erzählt Le
ier[4], ein noch interessanteres aber Th. Lauder Dick[5].
sah den dicken Rauch von Gestrüpp, welches auf einem
verbrannt wurde, in Wirbeln gerade aufsteigen, dann in
ichtung von Ost nach West fast horizontal fortgetrieben

---

hales, worin sie liegt, die durch den Wolkenzug angedeutete
chtung nur bei Stürmen oder sturmähnlichen Winden mit den
n der Windfahnen übereinstimmen.

Mechanical Philos. T. III. S. 706.

Dessen Reisen. Th. II. S. 189.

Voyages aux sources du Nil. Ueb. von Castera. T. XI. p. 130.

Mém. de l'Acad. de Par. 1782. p. 650.

G. LVII. 217. Aus Ann. of Phil. T. X. p. 16.

werden, bis er etliche engl. Meilen weiter durch einen W
wind spitz umgebogen wurde, sich in gerade entgegengeset
Richtung fast eine Meile über den Ort seines Ursprungs hi
bewegte und dann durch einen noch höher liegenden d
Luftstrom eine südöstliche Richtung annahm. Gilbert
merkt hierbei, dafs so scharf entgegengesetzte Luftbewe
hauptsächlich nur an den Meeresküsten vorkommen, d
bei den Rauchsäulen der Salzpfannen, die jedoch keine b
tende Höhe erreichen, nie wahrgenommen habe. W
beobachtete zufällig, als er am 25. Oct. 1809 zu C
Hacknei einen kleinen, 3 Fufs im Durchmesser haltenden
ballon steigen liefs, die verschiedenen über einander lie
Winde, und zwar von unten nach oben OSO., N.,
SSO. gen S. Später liefs Forster mehr als 30mal
Ballons steigen und bemerkte bei den meisten derselben
sie durch mehrere, selbst 4 bis 5 und einige sogar durch
in verschiedenen Richtungen bewegte Schichten drangen.
er am 30. Apr. 1831 mit seinem mit Leuchtgas gefüllte
lon aufstieg, änderte dieser bald seine Richtung und n
6000 F. Höhe eine ganz entgegengesetzte an; am fol
Tage aber ging auch die untere Windrichtung in diejeni
die er oben beobachtet hatte[2]. Auch Henry Bracton
wahrte bei seiner bekannten aërostatischen Fahrt einen
bestehenden Windrichtung abweichenden Luftstrom,
empfindliche Kälte herbeiführte und dem Ballon n
Gondel eine schiefe Richtung gab, und Green[4] folg
aus den Beobachtungen, die er bei Gelegenheit seiner
tischen Aufsteigungen anstellte, dafs über England
Höhe von 10000 Fufs und darüber stets Nordwestwind
wie abweichend hiervon auch die untere Windrichtu
möge. Aehnliche Wirkungen auf seinen Ballon beo
auch Garnerin[5]; Lalande[6] liefs Probeballons bis
600 Toisen aufsteigen und bemerkte, dafs sie in Luftse
von den verschiedensten Richtungen geriethen. Ich sel

1 Forster über die Wolken. S. 205.
2 Bibl. univ. 1831. Août. p. 437. Fechner Repert. Th. III.
3 Annals of Philos. T. IV. p. 287.
4 L'Institut 1841. 9me Ann. N. 403.
5 Voigt's Magazin. Th. I. St. IV. S. 123.
6 Ans Magazin encyclop. Ann. 8. in G. XVI. 22.

mehrmals kleine Luftballons steigen lassen und allezeit iedene, zuweilen einander entgegengesetzte Luftströmungen ihtet; nur einmal stieg ein kleiner ellipsoidischer Ballon merklich geneigter lothrechter Richtung so weit auf, bis n Auge entschwand, ein anderes Mal aber hatte ich das interessante Schauspiel, eine 6 Fufs im Durchmesser le transparente Montgolfière aus Papier, in deren unterer ng eine Lampe mit 6 Flammen brannte, bei völliger stille lothrecht aufsteigen zu sehn, bis sie im Zenith ar unter den Sternen verschwand. Da sich zuletzt blofs mpe als ein kleiner Stern zeigte, so mufste ihre Höhe tens 1500 Fufs betragen, war indefs sicher noch ungleich ender. Eine solche Ruhe der Atmosphäre gehört ohne unter die Seltenheiten und findet gewifs nicht häufiger als eine andere gleichfalls sehr ungewöhnliche Erschei- nämlich dafs der nämliche Luftstrom sich in zwei ent- esetzte Zweige zerspaltet. Inzwischen giebt es eine auch entscheidende Erfahrung; denn beim Ausbruche des a im Januar 1835 trieb der obere Wind die Asche so- 00 engl. Meilen östlich nach Jamaica, als auch 700 Mei- stlich, indem sie auf das Schiff Conway im stillen Ocean °N. B. und 105° W. L. niederfiel[1].

) Ebenso verschieden, als die Windrichtung sich in hen Höhen zeigt, ist sie auch in der *horizontalen Ebene;* und nur bei schwachen Winden steht die Windfahne Zeit still, vielmehr ist sie fast unausgesetzt in Bewegung hwankt durch einen desto gröfseren Theil des Kreises, r der Wind in Sturm übergeht, wobei sie nicht selten bis zu 180 Graden durchläuft. Was wir dann die ichtung nennen, ist so genau, wie die Messungen zu- die Mitte zwischen den äufsersten Puncten beider Ex- wohin die Windfahne sich bewegt, die zugleich auch s durch denjenigen Punct angegeben wird, wo dieselbe elnen ruhigern Intervallen still zu stehn pflegt. Aber liese letztere ändert sich im Verlaufe der Zeit meistens mehr, je heftiger der Wind weht, Stürme wechseln bei r Dauer ihre Richtung, und die allerheftigsten durch- nicht selten die ganze Windrose, wie dieses namentlich

[1] Silliman Amer. Journ. T. XXXIII. N. 1.

auf der Insel Mauritius der Fall ist, die sich durch die Heft keit der Winde vorzugsweise auszeichnet[1]. Mehrere Beis solcher auffallender Drehungen bei Stürmen werden bei Beschreibung vorzüglich heftiger Stürme (Abschn. E.) gele lich erwähnt werden.

Zu den seltenern Erscheinungen gehört die, dafs entg gesetzte Winde einander begegnen und sich dadurch wec seitig aufheben; inzwischen sind diese Phänomene nic einem solchen Grade selten, dafs ihre Existenz ü zweifelhaft seyn könnte. Es ist bereits oben (§. 32) e worden, dafs der Föhn gegen den Nordwind ankämp einer von ihnen die Oberhand behält, sowie auch, dafs d grofsen Eismassen herkommenden Winde die ihnen ent wehenden zurückdrängen (§. 27). Ein wegen der Sel interessantes Beispiel aber erzählt Kotzebue[2]. Dies nämlich unter 40° N. B. in der Nähe von Californien anhaltenden Südwind, welchem jedoch plötzlich ein No entgegen wehte, was sowohl aus dem Zuge der Wolk auch aus ihrer Veränderung zu ersehn war. Zwischen Winden war die See in 50 Faden Breite und unab Länge von O. nach W. vollkommen ruhig und spie der stärkere Nordwind trieb indefs den schwächeren S vor sich her, und im gleichen Mafse, als der erstere weiter vorrückte, schritt auch die zwischen beiden bef neutrale Stelle fort.

55) Als eine Hauptfrage bei der Untersuchung der richtungen wurde von jeher die betrachtet, ob dieselbe oder *negativ* sey, d. h. ob der Wind sich früher an d zeige, woher er kommt, oder an dem, wohin er we z. B. ob ein Ostwind früher in Osten oder in Westen genommen werde. Einer allgemeinen Ansicht gemafs geneigt, das Erstere anzunehmen, denn es scheint in der der Sache zu liegen, dafs die Luftmassen, die an einem wissen Orte anlangen, früher an demjenigen in Bewegung von wo sie herkommen. Wie nothwendig dieses im G auch seyn mag, so ist doch von der andern Seite gleichfalls vorstellbar, dafs herbeiströmende Luftmassen den hinter

1 Flinder's Reise nach d. Austral. Lande. Weim. 1816. S.
2 Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. Th. II. S. 40.

lichen Platz machen, diese in den verdünnten Raum ein-
en und die Bewegung sich auf diese Weise rückwärts
lanzt, wonach also die Windrichtung eine *negative* seyn
e. Inzwischen mufs hierbei allezeit zuerst ein verdünnter
vorhanden seyn, in welchen die ruhige Luft abfliefst,
um diesen aufzufinden, hilft uns wieder die allgemeine
ie vom Ursprunge der Winde. Entweder durch örtliche
nungen entsteht ein Aufsteigen der leichteren Luft und
s ein verdünnterer Raum, oder dieser wird durch Ab-
g und Niederschläge erzeugt; in diesen dringen die um-
en Luftmassen von allen Seiten, wegen örtlicher Hinder-
aber nicht mit ganz gleicher Stärke, und es wird also
ge anfänglich stets negative Wind die Herrschaft er-
, welcher am wenigsten gehindert durch gröfsere erlangte
indigkeit am kräftigsten einwirkt. Dieser Proceſs deutet
e negative Windrichtung, und da er nicht zu den un-
lichen gehört, so läfst sich hiernach vermuthen, dafs
gativen Winde ziemlich häufig seyn werden. Die einmal
egung befindlichen Luftmassen können indefs in dem
nen eingenommenen Raume schon wegen des Trägheits-
s nicht sofort zur Ruhe kommen und müssen daher auf-
, was häufig der Fall ist, zugleich aber kann der statt
e Impuls auch die ruhenden Luftmassen in Bewegung
und diese Bewegung, sobald sie sich auf gröfsere
n fortpflanzt, mufs nothwendig positive Windrichtungen
lge haben. Man ersieht hieraus, dafs es sowohl positive,
h negative Winde (oder Windrichtungen in diesem
geben können.

) So viel ich weifs, hat zuerst Leche[1] auf den hier
nden Gegenstand aufmerksam gemacht, indem er bei
theilung seiner Beobachtungen der Winde zu Åbo von
is 1761 bemerkte, das Barometer könne fallen, ohne dafs
wahrgenommen werde, der in entfernten Gegenden statt
nicht bis an diesen Ort gelange; denn er habe z. B. ge-
, dafs Weststurm sich früher in Moscau als in Åbo
er in Finnland, als in Schweden zeige. Allgemeiner be-
urden die Resultate der Beobachtungen B. Franklin's[2],

Schwedische Abhandl. Deutsche Ueb. Th. XXIV. S. 195.
Letters and papers on philos. subj. Lett. 36. Sämmtliche Werke

welcher einst wahrnahm, dafs ein heftiger Wind aus NO. a
7 Uhr Abends in Philadelphia und erst um 11 Uhr in da
400 engl. Meilen entfernten Boston wehte. Später achtete
mehr auf diesen Umstand und fand, dafs die Nordost-Stür
desto später an verschiedenen Orten anfingen, je entfernter di
in der genannten Richtung lagen. Zur Erläuterung führt
an, dafs beim Anzünden des Feuers in einem Camine
zunächst liegenden Luftmassen hineinströmen und dann d
Bewegung sich den entfernteren allmälig mittheilen
Hiernach leitet er die im Winter dort häufigen Nordost-St
aus der Erwärmung der Luft über dem mexicanischen
busen ab, wohin sich die kältere Luft von NO. allmälig
begebe. Kämtz[1] erinnert hiergegen, dafs zwischen Philad
und dem mexicanischen Meerbusen eine ausgedehnte La
strecke liege, wo es an Beobachtungen fehle, und da sich
NO.-Stürme auch häufig auf dem mexicanischen Meer
zeigen, so schliefst er hieraus mit Recht auf eine positive
schreitung derselben, weil die nordöstlichen Luftmasse
später daselbst anlangen können. Auf Franklin's A
gestützt, hielt man sehr allgemein die Fortschreitung der
für negativ. Zwei hierüber sehr entscheidende Beispi
Mitchil[2] bekannt gemacht, das eine vom 21. Febr.
das andere vom December 1811, wo beide Male der N
Sturm an den nördlicher liegenden Orten später ein
wurde, wie sich aus den aufgezeichneten Anfängen d
ergiebt. Im ersten Falle waren:

Orte	Nördl. Breite	Anfang d. Stu
Charlstown	34° 45′ . . .	2 Uhr Nachm.
Washington . . .	38 55 . . .	5 — —
Newyork	40 40 . . .	10 — —
Albany	44 0 . . .	7 — Morgens

übers. von Wenzel. Dresd. 1780. 8. Th. II. S. 104. Vergl. Si
Amer. Journ. T. XXXV. p. 277.

1 Meteorologie. Th. I. S. 215.

2 Transactions of the phil. Soc. of New-York. T. I. Ann. d
et Phys. T. IX. p. 66.

reiten Falle:

Orte	Nördl. Breite	Anfang d. Sturms
Cap Hatteras . . .	35° 15′	. . . 8 Uhr Abends
Washington . . .	38 55	. . . 10 — —
Newyork	40 40	. . . 10 — —
Lyme	— —	. . . 2 — Morgens
Boston	42 22	. . . 4 — —

ach BRANDES[1] müfste sich aus dem allmäligen Fortrücken llens der Barometer an entfernten Orten auf das Fort- en des Windes in dieser Richtung schliefsen lassen; wir n aber, wie er meint, keine genügende Menge genauer htungen, um hierüber zu entscheiden. Aufserdem aber ses Mittel wegen der ungleichen Strömungen in ver- nen Höhen oft trüglich, denn BRANDES bemerkt selbst, n mit höherem Barometerstande in den nördlichen und n Gegenden verbundener Nord- oder Ostwind oft hier hervorbricht, ehe er allgemein wird, so dafs an einem n andern Orte noch durch örtliche Einflüsse ein ent- setzter Wind sich erhält, während andere dazwischen- : Orte schon den dem Uebergewichte des Druckes ge- Wind erhielten. Das hier Gesagte findet volle Be- g durch die oben (§. 48) mitgetheilten gleichzeitigen, n einander abweichenden Windrichtungen an verschie- nehr oder weniger entfernten Orten, woraus hervorgeht, : Windrichtung, wie sie auch fortschreiten mag, sehr ine Modification und selbst eine völlige Umkehrung könne, wenn sie irgend eine andere bereits be- trifft.

BRANDES[2] war nach früheren Erfahrungen nicht abge- r Franklin'schen Hypothese gemäfs ein negatives Fort- der Windrichtung anzunehmen, einmal beobachtete er ehr auffallend das Gegentheil[3]. Ein schwacher West- ndte sich bald mehr nach Südwest, bald mehr nach t, als ein viel stärkerer, obgleich nicht absolut starker, dost eintrat, welcher dann dauernd die Herrschaft er- Zugleich waren zwei in etwa 1,5 Meilen Entfernung

---

itterungskunde. S. 382.
. XXXI 438.
itterungskunde. S. 383.

südwestlich liegende Windmühlen für westlichen Wind
richtet, nach 35 Minuten aber fing man an, dieselben zu dre
und nach 45 Minuten entschieden nach Nordost, so dafs
dieser Wind auch dort der herrschende seyn mufste. Aeh
Beobachtungen anzustellen hatte ich früher günstige Ge
heit. Auf einem viel besuchten Vergnügungsorte bei H
konnte man mehrere in verschiedenen Richtungen lie
Windmühlen übersehn und aus dem Stellen derselben
Wechsel der Windrichtungen auf die Zeit schliefsen.
derselbe eintrat. In den meisten Fällen war hierbei d
schreiten des Windes ein negatives, zuweilen aber ein p
Auch Kämtz [1] ist der Meinung, dafs sich über die h
liegende Frage gar nichts Allgemeines bestimmen l
findet es durchaus nicht unwahrscheinlich, dafs der W
irgend einem Orte beginne, den man der Einfachheit w
der Mitte der Region, in der er sich zeigt, annehmen
und dafs er sich von hier aus rückwärts und vorwärts v
Es zeigt sich dieses namentlich beim Land- und S
indem letzterer sich zuerst nur an der Küste erhebt,
mehreren Stunden aber vorwärts ins Land und rückwär
See gedrungen ist.

58) In den neuesten Zeiten ist diese Frage du
Menge neu hinzugekommener Erfahrungen und festere
dung der Theorie genügend beantwortet worden. We
local wirkende Ursachen partielle Winde erzeugt werd
ihre Richtung zugleich durch diese bedingt. Findet also
einem Orte eine schnell zunehmende starke Erwär
und wird hierdurch ein aufsteigender Luftstrom er
müfsten bei herrschender Windstille in diesen verdün
die Luftmassen von allen Seiten hereinströmen und
durch entstehenden Winde wären negativ, so wie
positiv, wenn eine verticale Luftsäule bedeutend
würde und dann als schwerer die leichteren angrenz
sich her triebe. Allein die hierbei angenommene völlig
stille findet kaum je statt, bei weitem in den meis
len dagegen ist schon eine Bewegung der Luft vorhande
welche dann die neu entstehende Richtung bedingt u
ficirt wird, abgesehn davon, dafs selten eine Gegend hi

1 Meteorologie. Th. I. S. 214.

it, um von allen Seiten her das Eindringen der kalten
n den erwärmten Raum oder das Abfliefsen der abge-
i Masse nach allen Richtungen hin ganz gleichmäfsig zu
n. Inzwischen können unter geeigneten Umständen
negative Winde entstehn, im Ganzen aber haben wir
chtung derselben als positiv zu betrachten, wie sich
us der Beschreibung einiger ausgezeichneter Stürme näher
i wird. Die Erfahrungen, auf welche die älteren Physiker,
en namentlich auch FRANKLIN gehört, sich stützten,
i die einander scheinbar widersprechenden Resultate nicht
i haben, wenn man dabei den Umstand nicht übersehn
dafs die Luftbewegung bei den Winden wohl niemals
adlinige ist, wie man annahm, sondern vielmehr eine
le in engeren und weiteren Kreisen, woraus dann zu-
die Umkehrung der Windrichtung, namentlich bei hef-
türmen, sehr leicht erklärlich wird, sofern den nämlichen
erst die eine und später die entgegengesetzte Seite des
eitenden Wirbels trifft. Dabei ist noch zu berücksich-
lafs in Gemäfsheit dieser drehenden Bewegung der Luft-
die äufseren Theile das Bestreben erhalten müssen, sich
vom Mittelpuncte zu entfernen, was dann zugleich ein
des Barometers herbeiführt oder dasselbe unterstützt,
on der andern Seite die bewegten Luftmassen ihre ein-
genommene Geschwindigkeit beibehalten, sich nach den
en Versuchen von CLEMENT[1] dadurch ausdehnen und
dringen der umgebend a in den verdünnten Raum ver-
. Aus diesen vereinten, zum Theil entgegengesetzt
en Ursachen wird die so ausnehmend unstete und be-
wechselnde Richtung der Windfahnen, das unaufhör-
wanken derselben, wie nicht minder der veränderliche
stand leicht erklärbar. Namentlich bei Gewitterstürmen
er diesen zugehörige Wind sehr häufig eine entgegen-
Richtung an, als welche er vorher hatte, und ändert
end ihrer Dauer, das Barometer aber pflegt in der
mittelbar vor ihrem Ausbruche zu steigen, im Verlaufe
abwechselnd zu sinken und zu steigen, nach ihrem
nge aber einen höheren oder niedrigern Stand anzu-
als es vorher hatte, je nach der Beschaffenheit der

[1] Art. *Pneumatik*. Bd. VI. S. 679.

dann die Oberhand erlangenden Windrichtung. Um [illegible] gleich einige, auf diese drehende Bewegung der im Allg[illegible] geradlinig oder selbst in Curven fortschreitenden Wind[illegible] liche Erfahrungen namhaft zu machen, wovon [illegible] ausführlicher die Rede seyn wird, erwähne ich [illegible] merkung von Brandes[1], wonach man an der [illegible] jenigen Stürme für die gefährlichsten und die gr[illegible] erregend hält, die in West anfangen und sich dann [illegible] west wenden. Auf gleiche Weise erzählt Arago [illegible] Beobachtungen an Norwegens Küsten, dafs die W[illegible] welcher die dortigen Wintergewitter bringt, [illegible] Nordwest herumläuft und dann an Stärke und Dauer [illegible] Was in früheren Zeiten höchst auffallend und eigentl[illegible] unerklärlich schien, geht ganz einfach aus dieser [illegible] Luftbewegung hervor, ja es folgt aus ihr fast nothwendig, [illegible] lich dafs der Wind an verhältnifsmäfsig nicht weit [illegible] ander entfernten Orten verschiedene und sogar [illegible] entgegengesetzte Richtungen hat. So erwähnt Hu[illegible] einen Sturm im Jahre 1835, welcher im südlichen Th[illegible] lands südlich war, während gleichzeitig zu Darlington [illegible] Durham Nordostwind wehte. Am meisten, hauptsächlich [illegible] nur in Deutschland, wurde die Nachricht von dem [illegible] December 1791 beachtet, welchen Lampadius[2] [illegible] hat. Dieser tobte hauptsächlich zu Spandau, welches [illegible] als seinen Mittelpunct betrachtete, wonach dann die [illegible] allen Seiten in diesen einströmend angenommen wurde, [illegible] gleichzeitig zu Göttingen Südwest, zu Königsberg [illegible] wind herrschte. Allein dieses geht keineswegs [illegible] den gesammten darüber gemachten Erfahrungen [illegible] mehr mufs man in Gemäfsheit zahlreicher [illegible] wordener Thatsachen annehmen, dafs auch bei [illegible] allen bedeutenden Stürmen, die verschiedenen W[illegible] eine Folge der sie hauptsächlich erzeugenden [illegible] wegung waren, wie weiter unten ausführlich [illegible]

59) Durch örtliche Bedingungen erzeugte [illegible] deren Entstehungsart oben für einzelne Fälle [illegible]

---

1 Beiträge zur Witterungslehre. S. 577.
2 Philos. Trans. abrbiged. T. VIII. p. 76.
3 Atmosphärologie. S. 192.

en worden ist, erstrecken sich nie über ausgedehnte Districte, ehmen vielmehr in ihrem Fortschreiten schnell ab und ver- sich bald in der gleichzeitig herrschenden allgemeinen trömung. Stürme verbreiten sich in der Regel über aus- ntere Länderstrecken, jedoch keineswegs in einem solchen nge, als man nach ihrer Heftigkeit annehmen müfste, wenn sie für eine geradlinig fortschreitende Luftbewegung halten , was dann abermals für eine drehende Bewegung der- entscheidet. Selbst die Typhons im chinesischen Meere lie Tornados an der Westküste Africa's und mehrere an- später zu erwähnende Stürme sind ihrer furchtbaren Ge- ngeachtet nicht weit verbreitet, mehr dagegen die Hurri- der Antillen, wenn sie sich im Fortgange umdrehen und die südlich liegenden nordamericanischen Staaten treffen. die SW.-, W.- und NW.-Stürme, welche vom atlan- Ocean ausgehend über das westliche Europa bis zum en fortschreiten und mit den genannten Hurricanen min- zuweilen wohl zusammenhängen dürften, haben eine geringe Ausdehnung, wie die Südstürme, die als von Africa ausgehend über Italien hin zum Föhn in hweiz übergehn. Unter allen Winden haben daher die auf den grofsen Oceanen aus leicht begreiflichen Grün- ie weiteste Erstreckung, doch scheinen ausnahmsweise türme eine ganz unglaublich weite Verbreitung zu er-

Als auffallendstes Beispiel kann dasjenige dienen, was BUR[1] erwähnt, wonach der Sturm, welcher am 9. Oct. n Petersburg wüthete, an dem nämlichen Tage und fast elben Stunde zu San Francisco bei Californien, auf den ch-Inseln, auf den Philippinen und auf Manilla grofse ungen anrichtete. Mit der hierdurch angedeuteten Mi- warmer und kalter Luftmassen mögen wohl die denk- en heftigen Regen zusammenhängen, welche bald nach- grofsen Ueberschwemmungen in Deutschland anrichteten.

) Wird die Windrichtung auf irgend eine zweckmäfsige gefunden, so bezeichnet man sie bekanntlich nach der- Himmelsgegend, woher der Wind weht. Zuweilen wählt erzu örtliche Bezeichnungen, z. B. Bore, Sirocco u. s. w.

[1] Neue Reise um die Welt. Th. II. S. 74.
Vergl. Art. *Windmesser*.

in Triest und an andern Orten Italiens, weit richtiger und a
gemeiner aber wählt man die Weltgegenden, und zwar meis
8 oder 16, selten 4, noch seltener 32, am zweckmäfsig
würde es nach Kämtz seyn, in Folge allgemeiner Ueber
kunft den Horizont in 16 Theile zu theilen und diese bei
allgemeinen Bezeichnung der Resultate entweder beizubeh
oder auf 8 zu reduciren[1]. Wenn indefs den Beobachtern s
Windfahnen nicht zu Gebote stehn, deren Zeiger in das
mer herabgehn und sich daselbst über oder unter einer
theilten Scheibe bewegen, so wird es schwer, wo nicht
möglich, bei den nothwendig hoch stehenden und
entfernten Windfahnen Sechzehntel des Kreises zu unte
den, und selbst bei den genannten Vorrichtungen ist
wegen der bedeutenden Schwankungen bei stärkeren W
nicht leicht, weswegen es mir am angemessensten schein
auf 8 Windrichtungen zu beschränken. Wählt man bl
4 sogenannten Cardinalpuncte, so findet keine Verschie
der Bezeichnungen statt, wählt man aber zugleich die zwi
liegenden, so ist zu bemerken, dafs die beiden dem Ma
zugehörigen Puncte den Vorrang bei der Bezeichnung
und also vorangehn, man also nicht OS., sondern SO
ebenso nicht WN., sondern NW. sagt. Dehnt man
zeichnung auf die 8 zwischenliegenden Richtungen aus,
zu bemerken, dafs dann der zunächst liegende Cardi
vorangeht. Hiernach hat man, von Süden anfangend,
16 Winde: S., SSW., SW., WSW., W..... S., SSO
OSO., O..... N., NNW., NW., WNW., W..... N.,
NO., ONO., O...., wenn man zur bequemeren Ueber
vier Cardinalwinde doppelt zählt. Findet man in den
wirklich 16 Windrichtungen aufgezeichnet, so werde
mit der gewöhnlichen Bezeichnungsart übereinstimmend

1 Die lateinischen Namen der Winde sind keineswegs
bestimmt, als man dieses neuerdings durch die Bezeichnung
Weltgegenden zu erreichen vermochte. Folgende Namen die
nächsten kommen: N. Boreas oder Abarctias, NNO. Super
Aquilo oder Caecias, ONO. Carbas, O. Solanus, OSO. P
SO. Eurus, SSO. Euronotus, S. Notus oder Auster, SSW. Aust
oder Libonotus, SW. Africus, WSW. gleichfalls Africus, W. F
WNW. Gallicus, NW. Caurus, NNW. Corus. Die beiden letzte
eigentlich dieselben, und überhaupt werden die Zwischenwi
genau unterschieden.

auf 8 dadurch reducirt, dafs man die zwischenliegenden
irt. Wären z. B. 26 N., 20 NNO., 17 NO., 10 ONO.
zeichnet, so gäbe die Reduction 26 + 10 = 36 N und
+ 10 + 5 = 32 NO., weil die Hälfte der 10 ONO. zu O.
chnen sind, mithin nur 5 für NO. übrig bleiben[1].

61) Will man Resultate über die Windverhältnisse im
meinen haben, so sind hierzu gleichzeitige, an mehr oder
ler weit von einander abstehenden Orten angestellte Beob-
ngen erforderlich, jenachdem die Aufgabe ist, über die
Aufklärung verlangt; wünscht man aber die Windver-
isse eines gegebenen Ortes zu kennen, so würde auf gleiche
e, als dieses bei der Temperatur der Fall ist, erforderlich
, die einzeln wehenden Winde und die Zeit ihrer Dauer
zeichnen und aus der Summe der hierdurch gegebenen
cte die mehr oder weniger herrschenden Winde zu ent-
en[2]. Diese Methode findet aber in dem unerschwingli-
Aufwande der hierfür erforderlichen Zeit ein für die Pra-
überwindliches Hindernifs, zumal da diese Beobachtun-
eine sehr geraume Zeit fortgesetzt werden müfsten, weil
Windrichtungen nach den Jahreszeiten und selbst in ver-
lenen Jahren sehr ungleich sind. Aufserdem würde man
icht einen, wenn auch nicht bedeutenden Unterschied
ehmen, wenn man die blofs bei Nacht und die blofs am
ngestellten Beobachtungen vergleichen wollte, doch dürfte
vorzugsweise nur an solchen Orten der Fall seyn, wo
e Winde wehn, namentlich an Küsten und auf Inseln.
n aber diese letzteren als Ausnahmen besonders berück-
gt zu werden pflegen, begnügt man sich mit mehrmaligen
chnungen am Tage, wobei das mittlere Resultat die ein-
n Abweichungen um so mehr ausgleicht, je längere Zeit
ch die Beobachtungen angestellt worden sind. Aus diesen
en die älteren Meteorologen nur denjenigen Wind als den
henden zu bezeichnen, welcher am häufigsten weht, die
en aber haben eine schärfere Bezeichnung eingeführt.
s Verfahren nebst der für dasselbe geeigneten Formel

---

[1] Vergl. Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 153.

[2] Auf diese Weise sind die Beobachtungen angestellt worden, welche Ross bei seinem Aufenthalte zu Felix Harbour veranlafste, wovon weiter unten die Rede seyn wird.

dern auch die Stärke der Resultirenden bestimmt werden, so ist diese, wie bei zusammengesetzten Kräften,

$$\sqrt{(A^2 + B^2)},$$

also im vorliegenden Falle = 19,56; d. h. wenn man die Zahl aller Winde durch 1000 bezeichnete, so würden 195,6 derselben die Richtung S. 35° 35′ haben oder 54° 25′ südlich von West wehn.

62) Um die Zahl der einzelnen beobachteten Winde leichter zu übersehn, pflegt man auch wohl die Gesammtmenge derselben als Einheit zu betrachten und die einzelnen als deren Theile durch Decimalbrüche auszudrücken, welches gleichfalls den bereits erwähnten Vortheil gewährt, dafs danach die Windrichtungen an verschiedenen Orten ungeachtet der ungleichen langen Zeit, welche die Beobachtungen umfassen, verglichen werden. So entnahm Schouw[1] aus den funfzigjährigen Beobachtungsregistern zu Kopenhagen im Ganzen 56050, und die zwischen den 8 Puncten liegenden, setzte sie den nächst liegenden hinzu (wodurch die viermal vorkommenden Beob. entstanden), und erhielt hiernach folgende Gröfsen:

N.	4910	0,088
NO. . . .	4861,5 . . .	0,087
O. . . .	6607,5 . . .	0,118
SO. . . .	5918,5 . . .	0,106
S. . . .	7051	0,125
SW. . . .	9361 . . .	0,167
W. . . .	10448	0,186
NW. . . .	6892,5 . . .	0,123

62) Bei der Bestimmung der resultirenden oder mittleren Windrichtung wird es sich in der Regel treffen, dafs keiner der beobachteten Windrichtungen genau entspricht. Kämtz[2] hält es daher für angemessen, nach dem von Schouw eingeführten Verfahren *das Verhältnifs der östlichen zu den westlichen, der nördlichen zu den südlichen* durch Zahlen auszudrücken und dieses neben der mittleren Windrichtung für die einzelnen Orte zugleich anzugeben, wobei sich

1 Beiträge zur vergleichenden Klimatologie. S. 9.
2 Meteorologie Th. I. S. 166.
3 Beiträge. S. 10.

verstehn, dafs die Hälften der nordöstlichen und südöst- zu den östlichen, der nordöstlichen und nordwestlichen u den nördlichen gezählt werden. Hiernach ist also für hagen das Verhältnifs der

östlichen zu den westlichen = 1 : 1,5,
nördlichen zu den südlichen = 1 : 1,3.

) Bei der Untersuchung der Windrichtungen entsteht die ob die *Tageszeiten* einen Einflufs auf dieselben äufsern. ejenigen Orte, welche den Meeresküsten nahe liegen, wo nd- und Seewinde wechseln, oder auch für solche, wo die Erwärmung am Tage und Abkühlung der Nacht er- örtliche Luftströmungen herrschen, ist die Sache wohl weifelhaft, und die Frage kann sich daher nur auf die- Gegenden beziehn, wo solche Einflüsse nicht ohnehin sind oder erst durch die Untersuchung der Windrich- aufgefunden werden sollen. Schouw[1] zieht die Sache ttlere und höhere Breiten in Zweifel, weil das Klima Grund hierzu abgebe. Um dieses zu beweisen, stellt er ige im Juli zu Kopenhagen angestellte Beobachtungen men, woraus sich ergiebt:

mittag . . .	Richtung	S.	49°	35′	W. Stärke	0,315,
hmittag . . .	—	S.	54	36	W. —	0,360,
mitternacht . .	—	S.	63	57	W. —	0,367,
hmitternacht .	—	S.	58	1	W. —	0,364.

ings zeigen sich hier nicht sehr bedeutende Unterschiede, chen bemerkt Kämtz[2], welcher nicht blofs die Zahl der angeführt, sondern auch die mittleren Richtungen nach ET's Formel berechnet hat, dafs die Windrichtung aller- eine Neigung zeigt, am Tage von S. nach W. fortzuschrei- während der Nacht aber wieder zurückzukehren. Der Un- ied, welcher im angegebenen Falle nur 14° erreicht, wird seinen Untersuchungen bedeutender, wenn die mittlere der Winde geringer ist, so dafs dann die mittleren richtungen mitunter sogar einander entgegengesetzt wer- Zum Beweise dienen ihm zehnjährige Beobachtungen

---

Beiträge. S. 7.
Meteorologie. Th. I. S. 216.

von Nicander[1] zu Stockholm, welche folgende Resultate geben:

7h Morgens;	Richtung	S. 89° 48′ W.;	Stärke [illegible]
2 Abends;	—	N. 85 4 W.;	— [illegible]
9 Abends;	—	S. 50 54 W.;	— [illegible]

und zweijährige von Hemmer[2] zu Mannheim, wonach

7h Morgens;	Richtung	N. 24° 5′ O.;	Stärke [illegible]
2 Abends;	—	S. 74 32 W.;	— [illegible]
9 Abends;	—	S. 36 4 W.;	— [illegible]

Ob hierbei die See bei Stockholm und der Rhein bei Mannheim einen Einfluss äußern, ist schwer zu entscheiden; zwischen beiden folgert Kämtz, daß die Temperatur und der Wind, wie auf sonstige meteorische Erscheinungen, einen Einfluß ausüben, der sich indeß wegen Mangel an hinlänglich zahlreichen und genauen Beobachtungen bis jetzt nicht mit Sicherheit ermitteln läßt.

64) Man wird hiernach schon in voraus vermuthen, es sind *monatliche Verschiedenheiten* des Windes vorhanden, deren Ursachen bei einiger sehr nahe liegen, aber schwer zu ermitteln sind, und sich ohne sorgfältige Beobachtungen der neue vorhandenen örtlichen Bedingungen nicht auffinden lassen. Die Sache selbst ist durch die von Schübler und Kämtz beigebrachte Beispiele außer Zweifel gesetzt; wir wollen hier gleichfalls einige vorführen, um genügen werden, die Größe der Abweichungen anschaulich zu machen. Aus den Beobachtungen Bravais's in Lappland findet Kämtz[3], wenn die Gesammtzahl aller Beobachtungen = 1000 und Abkürzung der Decimalstellen statt 1 vielmehr = 100 gesetzt wird, folgende Größen.

---

1 Aus den Manuscripten Ephemeriden.
2 Ebendaselbst.
3 Meteorologie. Th. I. S. 343.

Paris	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	15,4	11,8	6,9	7,4	19,4	15,4	14,2	9,5
Februar	9,6	6,8	6,3	7,8	22,6	17,9	19,9	9,1
März	15,8	18,4	5,1	6,5	12,9	15,4	16,9	9,1
April	18,3	13,8	7,7	6,6	16,2	13,1	14,7	9,6
Mai	14,0	9,2	7,7	7,8	16,2	19,7	17,8	7,6
Juni	19,2	12,5	6,0	4,6	8,7	15,5	22,0	11,4
Juli	15,1	6,5	4,4	4,6	11,9	20,3	26,9	10,3
August	10,4	6,1	6,2	3,5	12,1	22,4	27,0	12,3
September	12,9	11,9	6,8	5,8	17,3	18,8	17,5	9,1
October	7,8	7,5	7,1	10,4	27,4	17,3	15,0	7,5
November	7,8	10,0	5,6	7,1	20,0	20,6	19,1	9,8
December	6,1	12,5	7,6	5,1	23,1	21,0	17,1	7,5

Die Berechnung giebt hieraus folgende Gröfsen:

lonat	Richtung			Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ar	S.	66°	W.	0,124	1 : 1,50	1 : 1,15
uar	S.	48	W.	0,298	1 : 2,24	1 : 1,90
t	N.	59	W.	0,135	1 : 1,38	1 : 0,80
l	N.	49	W.	0,072	1 : 1,33	1 : 0,88
	S.	61	W.	0,199	1 : 1,83	1 : 1,42
	N.	60	W.	0,265	1 : 2,12	1 : 0,67
	N.	86	W.	0,364	1 : 3,71	1 : 1,16
ust	S.	80	W.	0,392	1 : 3,91	1 : 1,52
ember	S.	68	W.	0,193	1 : 1,85	1 : 2,23
ber	S.	24	W.	0,316	1 : 1,59	1 : 2,42
ember	S.	52	W.	0,290	1 : 2,18	1 : 1,73
mber	S.	39	W.	0,274	1 : 1,81	1 : 1,89

von Nicander[1] zu Stockholm, we
geben:

7h Morgens; Richtung S. 89° 48′
2 Abends; — N. 85 4
9 Abends; — S. 50 54

und zwölfjährige von Hemmer[2] zu M

7h Morgens; Richtung N. 24°
2 Abends; — S. 74
9 Abends; — S. 36

Ob hierbei die See bei Stockholm u
heim einen Einfluſs äuſsern, ist sch
zwischen folgert Kämtz, daſs die
Winde, wie auf sonstige meteori
nen Einfluſs ausüben, der sich inde
länglich zahlreichen und genauen
mit Sicherheit ermitteln läſst.

		W.	
	69	57	
	71	60	
	41	65	
	43	59	
	38	65	
	44	94	
	64	97	
	73	93	
	60	87	
	72	67	
	72	73	
	74	71	

64) Man wird hiernach schon
es auch *monatliche Verschieden*
giebt, deren Ursachen bei einigen
aber schwer zu ermitteln sind, un
suchungen der etwa vorhandenen
nicht auffinden lassen. Die Sac
von Schouw und Kämtz beigebr
gesetzt; wir wollen hier gleichfa
genügen werden, die Gröſse de
zu machen. Aus den Beobach
findet Kämtz[3], wenn die Gesam
Abkürzung der Decimalstellen st
men wird, folgende Gröſsen.

	östl. zu westl.	
	1:1,58	1
	1:2,02	1
	1:1,20	1
	1:1,09	1
	1:1,25	1
	1:2,86	1
	1:3,22	1
	1:2,80	1
	1:2,26	1
	1:1,55	1
	1:1,70	1
	1:1,61	1

1 Aus den Mannheimer Ephem
2 Ebendaselbst.
3 Meteorologie. Th. I. S. 243.

Kopenhagen giebt Schouw folgende Richtungen an:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
ıar	9	11	12	13	12	17	16	10
ruar	8	10	12	10	14	19	18	9
ı	10	10	15	9	13	16	16	11
il	11	11	15	11	13	12	15	12
	11	10	14	11	12	13	15	14
i	9	6	11	10	12	14	22	16
	9	5	7	7	12	16	25	19
ıst	6	5	8	9	12	18	25	17
ember	8	7	12	11	14	16	19	13
ber	7	8	13	13	12	19	18	10
mber	8	9	11	9	12	23	19	9
ember	9	12	14	13	12	17	16	7

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Januar	S. 33° 11′ W.	0,111	1 : 1,25	1 : 1,29
Februar	S. 41 43 W.	0,175	1 : 1,88	1 : 1,78
März	S. 48 48 W.	0,088	1 : 1,25	1 : 1,44
April	S. 35 16 W.	0,025	1 : 1,04	1 : 1,61
Mai	S. 67 30 W.	0,026	1 : 1,21	1 : 1,26
Juni	S. 78 4 W.	0,213	1 : 1,94	1 : 1,85
Juli	S. 86 11 W.	0,340	1 : 3,23	1 : 2,05
August	S. 74 31 W.	0,331	1 : 2,80	1 : 2,53
September	S. 53 23 W.	0,189	1 : 1,61	1 : 1,88
October	S. 35 35 W.	0,183	1 : 1,59	1 : 2,06
November	S. 50 24 W.	0,223	1 : 1,75	1 : 2,04
December	S. 6 50 W.	0,108	1 : 1,03	1 : 1,45

O. Eisenlohr[1] theilt die sämmtlichen, zu Carlsruhe während 44 Jahren beobachteten Windrichtungen mit:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	322	1076	434	51	82	1369	454	118
Februar	299	771	309	38	98	1417	518	108
März	454	1008	320	26	94	1208	596	200
April	499	839	338	38	99	1119	673	175
Mai	488	909	362	48	135	1174	707	176
Juni	564	759	236	30	88	1239	731	211
Juli	446	668	174	63	121	1530	860	230
August	358	714	278	49	114	1503	714	176
September	340	850	323	40	98	1298	683	148
October	293	1055	325	89	146	1291	552	155
November	297	863	315	44	124	1594	553	80
December	234	927	410	25	119	1718	526	133

Werden diese auf die angegebene Weise berechnet, erhält man:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Januar	N. 73° 45′ W.	0,029	1 : 1,33	1 : 0,
Februar	S. 70 12 W.	0,075	1 : 1,84	1 : 1,
März	N. 57 40 W.	0,064	1 : 1,40	1 : 0,
April	N. 64 37 W.	0,069	1 : 1,69	1 : 0,
Mai	N. 79 14 W.	0,137	1 : 1,56	1 :
Juni	N. 74 18 W.	0,101	1 : 2,16	1 :
Juli	S. 88 56 W.	0,126	1 : 2,98	1 :
August	S. 78 19 W.	0,165	1 : 2,29	1 :
September	N. 89 57 W.	0,070	1 : 1,75	1 :
October	N. 87 21 W.	0,044	1 : 1,36	1 :
November	S. 67 48 W.	0,084	1 : 1,82	1 : 1,
December	S. 55 52 W.	0,091	1 : 1,74	1 : 1,

1 Untersuchungen über den Einfluss des Windes u. s. w. S. 3.

Für Orte aufser Europa wählt Kämtz die Beobachtungen *Fort Columbus*[1] am Hafen zu New-York.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
nuar	1	14	4	6	11	27	9	49
ebruar	6	15	4	7	6	25	5	45
ärz	3	16	5	15	7	24	11	43
ril	1	14	5	21	14	28	6	31
i	...	12	...	23	29	21	7	32
ai	1	14	1	25	19	27	7	26
i	...	9	6	15	22	40	10	22
gust	4	16	3	17	33	24	9	18
tember	...	25	4	25	11	23	5	30
ober	2	10	8	17	19	12	7	49
vember	7	10	1	9	7	28	12	46
ember	7	13	1	14	10	23	13	43

Hieraus geht hervor:

onat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ır	N. 72° W.	0,377	1:3,54	1:0,66
ıar	N. 62 W.	0,372	1:2,89	1:0,57
	N. 72 W.	0,267	1:2,17	1:0,74
	S. 49 W.	0,200	1:1,63	4:1,57
	S. 34 W.	0,283	1:1,74	1;1,66
	S. 31 W.	0,257	1:1,50	1:1,73
	S. 38 W.	0,401	1:2,40	1:2,49
st	S. 20 W.	0,291	1:1,42	1:1,68
mber	S. 42 W.	0,049	1:1,07	1:1,07
er	N. 80 W.	0,189	1:1,94	1:0,79
ıber	N. 75 W.	0,430	1:4,30	1:0,71
ıber	N. 75 W.	0,330	1:2,82	1:0,75

[1] Beob. von 1822 bis 1825. Nach Lovell in meteorological reports of the surgeons of the army. Washingt. 1826. 4.

Für *Pensacola* in Westflorida giebt Kämtz[1] folgende Bestimmungen an:

Monat	Richtung	Stärke	Monat	Richtung	Stärke
Januar	N. 17° O.	0,126	Juli	S. 32° W.	0,5
Februar	N. 57 W.	0,101	August	S. 31 W.	0,2
März	S. 12 O.	0,251	September	S. 39 O.	0,1
April	S. 1 W.	0,444	October	N. 57 O.	0,2
Mai	S. 31 W.	0,336	November	N. 85 O.	0,1
Juni	S. 26 W.	0,582	December	N. 56 O.	0,1

Aufser diesen verdienen noch die monatlichen Windrichtungen hier aufgenommen zu werden, welche Kämtz[1] aus dem Mittel der Beobachtungen von Coutelle[2] und Nouet[3] für *Cairo* berechnet hat.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	17,1	14,4	2,7	9,2	36,8	6,6	10,5	2,7
März	13,3	21,3	7,5	3,3	5,5	15,6	11,4	22,1
April	16,0	10,4	4,6	4,1	3,8	9,3	22,9	28,9
Mai	32,3	22,8	4,5	9,1	6,6	6,1	6,2	12,4
Juni	47,4	28,5	6,5	0,0	3,2	1,6	2,4	10,4
Juli	77,9	12,8	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	8,5
August	83,9	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
September	60,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7
October	47,6	32,3	0,0	6,4	6,5	0,0	3,2	4,0
November	41,1	15,6	16,7	7,8	12,2	3,3	0,0	3,3
December	9,5	16,2	12,2	2,7	33,8	9,5	8,1	8,0

Die Berechnung dieser Beobachtungen giebt folgende

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl.
Januar	S. 8° W.	0,189	1 : 0,65	1:
März	N. 27 W.	0,284	1 : 2,32	1:
April	N. 49 W.	0,465	1 : 3,21	1:
Mai	N. 15 W.	0,426	1 : 3,55	1:
Juni	N. 13 O.	0,723	1 : 18,19	1:
Juli	N. 2 O.	0,925	1 : 124,00	1:
August	N. 6 O.	0,959	1 : ∞	1:
September	N. 12 O.	0,902	1 : ∞	1:
October	N. 19 O.	0,659	1 : 6,50	1:
November	N. 40 O.	0,447	1 : 2,57	1:
December	S. 17 O.	0,168	1 : 0,74	1:

1 Meteorologie. Th. I. S. 242.
2 Meteorologie. Th. 1. S. 204.
3 Description de l'Égypte T. XIX. p. 451.
4 Reisebeschreibung. Th. I. S. 476.

Aus den meteorologischen Registern, welche Falbe[1] vom 1826 bis zum October 1827 zu *Tunis* führte, ergeben folgende Windrichtungen:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	18,0	2,2	6,7	7,9	6,8	11,2	20,2	27,0
Februar	17,3	3,7	8,6	12,3	9,9	6,2	21,0	21,0
März	16,7	8,3	8,3	8,3	9,5	4,8	17,9	26,2
April	15,5	8,3	21,4	13,1	8,3	2,4	11,9	19,0
Mai	12,0	9,9	16,5	18,7	7,7	3,3	7,7	24,2
Juni	10,3	19,6	26,4	9,2	3,5	1,2	8,0	21,8
Juli	20,2	21,1	22,0	12,9	4,6	0,0	4,6	14,6
August	24,4	11,0	18,1	16,5	12,6	0,8	2,4	14,2
September	12,4	24,3	13,3	13,3	3,5	3,5	11,5	17,7
October	16,7	7,9	10,5	11,4	9,7	8,7	14,0	21,1
November	13,3	6,0	1,2	4,8	12,0	9,6	20,5	32,5
December	7,1	9,4	3,5	4,7	12,9	11,8	28,2	22,4

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung			Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
nuar	N.	61°	W.	0,381	1 : 1,82	1 : 3,48
bruar	N.	60	W.	0,235	1 : 1,48	1 : 1,96
ärz	N.	42	W.	0,298	1 : 2,25	1 : 1,89
ril	N.	57	O.	0,114	1 : 1,80	1 : 0,78
ai	N.	37	O.	0,159	1 : 1,55	1 : 0,78
ni	N.	38	O.	0,365	1 : 4,07	1 : 0,56
li	N.	44	O.	0,449	1 : 3,20	1 : 0,34
gust	N.	55	O.	0,301	1 : 1,66	1 : 0,36
ptember	N.	27	O.	0,304	1 : 2,71	1 : 0,63
tober	N.	39	W.	0,172	1 : 1,53	1 : 1,48
vember	N.	66	W.	0,453	1 : 1,96	1 : 5,22
cember	N.	33	W.	0,420	1 : 1,32	1 : 3,56

[1] Poggendorff's Ann. XIV. 628.

Einen trefflichen Schatz von Beobachtungen liefern diejenigen, welche John Ross[1] zu *Felix Harbour* unter 70° nördl. Br. und 91° 53′ westl. L. v. G. anstellen liefs. Werden hiervon die zweijährigen genommen, welche vom Januar 1830 anfangen und mit December 1831 endigen, so giebt deren Berechnung folgende Resultate:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	398	27	36	42	151	229	135	257
Februar	174	133	51	42	214	211	122	126
März	194	87	58	29	49	187	166	177
April	346	55	110	41	114	166	131	278
Mai	315	154	185	84	118	115	155	217
Juni	181	191	88	31	121	259	235	188
Juli	365	227	204	88	117	59	86	161
August	390	165	116	53	128	74	148	305
September	430	81	127	41	166	98	160	264
October	364	61	103	86	175	162	197	198
November	369	22	49	187	203	70	119	183
December	305	10	75	145	190	75	97	288

Hieraus ergeben sich folgende Resultate:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Januar	N. 56° 50′ W.	0,470	1 : 5,31	1 : 0,4
Februar	S. 79 36 W.	0,174	1 : 2,16	1 : 0,0
März	N. 48 30 W.	0,377	1 : 3,00	1 : 0,8
April	N. 39 0 W.	0,417	1 : 2,23	1 : 0,8
Mai	N. 6 31 W.	0,320	1 : 1,02	1 : 0,3
Juni	N. 68 7 W.	0,322	1 : 2,30	1 : 0,4
Juli	N. 23 51 O.	0,457	1 : 0,58	1 : 0,9
August	N. 16 17 W.	0,530	1 : 1,50	1 : 0,7
September	N. 26 18 W.	0,457	1 : 1,81	1 : 0,5
October	N. 50 54 W.	0,314	1 : 2,12	1 : 0,4
November	N. 38 2 W.	0,164	1 : 1,60	1 : 0,3
December	N. 44 51 W.	0,240	1 : 1,82	1 : 0,6

1 Appendix to the Narrative of a second Voyage in search of a North-West-Passage etc. 1835. 4. Meteorol.

Um auch einen Ort aus der südlichen Halbkugel zu haben, gen folgende in Rio de Janeiro von Bento Sanchez Dorta[1] Jahre 1787 angestellte Beobachtungen dienen.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	2	2	10	66	17	17	12	58
Februar	11	12	0	76	14	9	17	69
März	13	14	7	92	5	35	25	57
April	20	11	6	69	19	32	25	58
Mai	12	9	1	39	40	55	34	58
Juni	24	21	2	56	31	6	33	67
Juli	19	16	7	50	16	29	41	70
August	20	27	14	61	32	8	15	71
September	18	20	2	87	14	27	18	54
October	16	2	4	97	10	55	9	55
November	1	13	0	85	32	42	13	54
December	9	29	2	77	16	44	4	67

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
nar	S. 12° 26′ W.	0,118	1 : 1,11	1 : 1,81
bruar	S. 9 26 W.	0,614	1 : 1,27	1 : 1,09
rz	S. 15 50 W.	0,165	1 : 1,18	1 : 1,41
ril	S. 50 23 W.	0,338	1 : 1,52	1 : 1,27
i	S. 77 12 W.	0,918	1 : 3,60	1 : 1,77
i	S. 84 11 W.	0,277	1 : 1,70	1 : 0,91
i	N. 82 9 W.	0,578	1 : 2,27	1 : 0,90
gust	S. 54 20 W.	0,104	1 : 0,94	1 : 0,95
tember	S. 7 52 O.	0,175	1 : 1,07	1 : 1,25
tober	S. 11 49 W.	0,301	1 : 1,18	1 : 1,91
vember	S. 8 58 W.	0,743	1 : 1,24	1 : 2,80
cember	S. 13 37 W.	0,234	1 : 1,09	1 : 1,35

5) Betrachten wir zuerst die in Europa gelegenen Orte, im Allgemeinen der Westwind vorherrschend, der in nzelnen Monaten sich etwas nach Süden oder nach Nor- endet. Nach den Frühlingsnachtgleichen tritt meistens

---

[1] Memorias de mathematica e physica da academia real das Scien- Lisboa T. III. P. I. Von mir entnommen aus Fleuriers Voyage. . 98.

eine nördliche Richtung ein, namentlich zu Paris im März u
April, zu Hamburg und Carlsruhe im März bis Juni, zu Be
lin vom April bis Juli, und man könnte hieraus schlie
dafs die Ursache im Andrange der nördlichen Luftmassen ge
die mehr erwärmte äquatorische Zone liege, allein Prag m
hierbei eine Ausnahme, indem daselbst die Windrichtung
im Juni etwas nördlicher wird, in Kopenhagen aber dauert
westliche Richtung im ganzen Jahre fort. An keinem
Orte ist übrigens auffallender, als an diesem, wie die
Windrichtung vom December an zunehmend westlicher
im Juli das Maximum dieser Abweichung erreicht, und
fast regelmäfsig abnehmend wieder zurückkehrt. Etwas
ähnliches, jedoch minder auffallend, finden wir an allen
gegebenen europäischen Orten, nämlich dafs die Windric
in den Wintermonaten am meisten südlich ist, sich
den folgenden Monaten mehr nach Westen wendet, über
Westpunct hinaus nach Nord geht, im Juni oder Juli
ximum dieser Drehung erreicht, dann durch West wied
rückkehrt und sich mehr dem Süden nähert. Als
hiervon betrachtet Kämtz[1] den rückkehrenden Südwe
welcher die im Allgemeinen westliche Windrichtung in
bedingt, sofern die unter dem Aequator aufsteigenden L
sen unter höheren Breiten wieder herabsinken[2]. Wird im
mer das Land mehr als die See erwärmt, so dringt
vom atlantischen Oceane stärker ein, und die Windri
geht mehr nach West und selbst nach Nord über.
Ursache der im Herbst mehr südlich werdenden Windri
die im October das Maximum dieser südlichen Ablen
reicht, betrachtet er einen Austausch der Luftmassen
Hämisphären, in dessen Folge die der südlichen H
mehr der nördlichen zuströmen; ich möchte jedoch
auch die Ansicht hervorheben, wonach im Sommer die L
unter höheren Breiten wärmer werden und die kälteren
massen vom Meere her eindringen. Wenn dann nach
Frühlingsnachtgleichen die südlicheren Länder eine nie
Temperatur annehmen, die nördlichen Luftströmungen
durch den stärkeren Andrang der südlichen und west

1 Meteorologie. Th. I. S. 346.
2 Nach Le Gentil in Mém. de Par. 1784. p. 460.

mungen in der Nähe der Erdoberfläche in die höheren Re-
en gehoben sind, so werden sie dort der äquatorischen
zufliefsen, die südlichern Luftmassen aber unter ihnen
Norden vordringen. Man findet im Winter häufig den
pf dieser entgegengesetzten Luftströmungen, und wenn
ördlichen sich der Erdoberfläche nähern, tritt Kälte ein,
des Wetter dagegen mit Niederschlägen, wenn die durch
schnellere Bewegung kräftigeren südlichen die niederen
nen einnehmen. Allezeit aber bleibt die Erklärung schwie-
und zwar um so mehr, wenn man berücksichtigt, dafs
ngegebene Regel sich selbst bis zu den sehr östlichen
massen Europa's erstreckt, wie Schouw[1] zwar nach
ährigen Beobachtungen zu Moscau bezweifelt, Kämtz
us siebenjährigen, in den Mannheimer Ephemeriden mit-
ilten, zur Evidenz darthut.

)6) Ueberblicken wir dagegen die angegebenen aufsereuro-
en Windrichtungen, so gewahren wir alsobald die An-
heit örtlicher Einflüsse, die sich aus leicht begreiflichen
len unter etwas höheren Breiten nicht auf gleiche Weise
können. Zu Fort Columbus, an der Küste des grofsen
s, ist in den sechs Wintermonaten der vom Lande her-
ende Nordwind, in den sechs Sommermonaten dagegen
n der See her wehende Südwind so auffallend vorherr-
l, dafs man diese Winde als wahre Mussons betrachten

Eben dieses zeigt sich zu Pensacola an der Küste des
nischen Meerbusens mit der unbedeutenden Ausnahme,
laselbst die nördliche Windrichtung nur 5 Monate anhält
n März schon die südliche beginnt. Zu Cairo dagegen,
es im Süden die ausgedehnten Sandwüsten hat, müssen
ieser Ursache das ganze Jahr hindurch Nordwinde, mei-
mit etwas östlicher Richtung, wehn, und nur in den
Wintermonaten, December und Januar, wird das Land
abgekühlt, das Meer aber behält seine höhere Tempera-
ch einige Zeit bei, so dafs dann Südwinde vorherrschen.
dieses zeigt sich zu Tunis, wo der Wind unausgesetzt
ch ist, je sechs Monate abwechselnd mit östlicher oder
icher Richtung, die mit fast regelmäfsiger Zunahme und
hme allmälig in einander übergehn. Die verschiedenartigen

[1] Beiträge zur Klimatologie. S. 57.

Einflüsse scheinen mit den Polhöhen zuzunehmen, so dafs
unregelmäfsigen und stets wechselnden Windrichtungen kau
irgend ein bestehendes Gesetz wahrnehmen lassen. So müs
wir wenigstens nach den Beobachtungen schliefsen, die
aus sehr hohen nördlichen Breiten zu Gebote stehn. Es g
dieses sehr auffallend aus den meteorologischen Tagebüch
hervor, welche Scoresby[1] in den Sommern 1807 bis 1818
der Nähe von Spitzbergen führte, woraus man ersieht, dafs
Windrichtung fast täglich, und an einigen Tagen sogar m
mals wechselt. Für die Monate April und Juli sind keine v
ständige Register vorhanden, die Monate Mai und Juni ep
aber im Mittel folgende Richtungen, wenn die aufgezeichnet
Windrichtungen auf die oben (§. 59) angegebene Weise a
reducirt werden.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Mai	7,4	3,7	2,0	2,3	2,1	1,6	2,1	5,6
Juni	5,1	1,9	1,4	2,7	4,3	3,2	1,8	3,9

Im Ganzen sind im grönländischen Polarmeere die n
chen Winde vorherrschend, und werden blofs im Herbst
die von heftigen Stürmen begleiteten SW. und Südwind
terbrochen. Dieser Uebergang zur südlicheren Richtung
sich noch deutlicher, als aus der gegebenen Tabelle für
Monate, aus der folgenden, welche Scoresby[2] nach den
jährigen Registern seines Vaters aufgestellt hat. Hiern
aus 7 Jahren für den April, 12 Jahren für den Mai, 10
für den Juni und 6 Jahren für den Juli die Windrichtu

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
April	6,0	4,4	2,0	1,6	3,0	2,1	2,4	3,6
Mai	7,4	3,7	2,0	2,3	2,1	1,6	2,1	5,6
Juni	5,1	1,9	1,4	2,7	4,3	3,2	1,8	3,9
Juli	2,7	2,1	1,7	1,5	5,5	5,3	2,5	2,6

Werden diese Bestimmungen nach Lambert's Methode beh
net, so erhalten wir als mittlere Windrichtungen für den A
N. 6° 41′ O., für den Mai N. 17° 55′ W., für den J
N. 71° 39′ W. und für den Juli S. 41° 53′ W.

1 Account of the arctic regions. T. I. App. p. 9.
2 Account. T. I. p. 411.

7) Aus den hier mitgetheilten Uebersichten der monat-
mittleren Windrichtungen ergiebt sich von selbst, dafs
vierteljährliche Wechsel statt finden müssen, die nach
ertlichkeiten bald regelmäfsiger, bald unregelmäfsiger sind.
heint mir zweckmäfsig, auch diese, wie sie bei weitem
gröfsten Theile durch KÄMTZ berechnet sind, der Voll-
gkeit wegen hier mitzutheilen.

Paris.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 48° W.	0,229	1 : 1,82	1 : 1,58
Frühling	N. 88 W.	0,128	1 : 1,50	1 : 0,99
Sommer	N. 88 W.	0,328	1 : 3,09	1 : 1,00
Herbst	S. 48 W.	0,283	1 : 1,86	1 : 1,72

Hamburg.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 55° W.	0,237	1 : 1,72	1 : 1,77
Frühling	N. 39 W.	0,110	1 : 1,18	1 : 0,70
Sommer	W.	0,397	1 : 2,96	1 : 1,00
Herbst	S. 67 W.	0,236	1 : 1,81	1 : 1,89

Kopenhagen.

ihrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu west.	nördl. zu südl.
inter	S. 37° 43′ W.	0,096	1 : 1,17	1 : 0,69
ühling	S. 47 44 W.	0,061	1 : 1,18	1 : 0,87
mmer	S. 57 15 W.	0,329	1 : 2,48	1 : 0,84
rbst	S. 51 26 W.	0,189	1 : 1,58	1 : 0,54

Berlin.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 33° W.	0,197	1 : 1,37	1 : 1,90
Frühling	S. 75 W.	0,116	1 : 1,32	1 : 1,13
Sommer	N. 83 W.	0,346	1 : 2,77	1 : 0,85
Herbst	S. 50 W.	0,201	1 : 1,60	1 : 1,67

Mühlhausen in Thüringen[1].

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 80° W.	0,288	1 : 2,16	1 : 1,19
Frühling	N. 68 W.	0,192	1 : 1,56	1 : 0,58
Sommer	N. 78 W.	0,365	1 : 2,92	1 : 0,74
Herbst	S. 64 W.	0,194	1 : 1,45	1 : 1,36

Prag.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 58° W.	0,442	1 : 3,70	1 : 2,23
Frühling	S. 74 W.	0,239	1 : 2,14	1 : 1,24
Sommer	W.	0,459	1 : 5,35	1 : 0,99
Herbst	S. 71 W.	0,429	1 : 4,00	1 : 1,56

Carlsruhe.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 73° 52′ W.	0,042	1 : 1,68	1 : 1,[illegible]
Frühling	N. 50 6 W.	0,055	1 : 1,57	1 : 0,[illegible]
Sommer	S. 87 23 W.	0,071	1 : 2,27	1 : 1,[illegible]
Herbst	S. 73 37 W.	0,048	1 : 1,54	1 : 1,15

Moscau.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 56° W.	0,048	1 : 1,16	1 : 1,[illegible]
Frühling	N. 63 W.	0,114	1 : 1,40	1 : 0,[illegible]
Sommer	N. 48 W.	0,188	1 : 1,51	1 : 0,[illegible]
Herbst	S. 81 W.	0,227	1 : 2,25	1 : 1,12

Fort Columbus.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	N. 70° 48′ W.	0,126	1 : 3,00	1 : 0,[illegible]
Frühling	S. 62 57 W.	0,077	1 : 1,82	1 : 1,[illegible]
Sommer	S. 30 17 W.	0,126	1 : 1,72	1 : 1,[illegible]
Herbst	N. 81 19 W.	0,077	1 : 1,94	1 : 0,[illegible]

1 Aus Beobachtungen in den Jahren 1837, 1838 und 18[illegible] N. Granger in Poggendorff's Ann. LIII. 637.

Tunis.

hrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
inter	N. 69° 14′ W.	0,080	1 : 2,86	1 : 0,71
ihling	N. 2 39 W.	0,019	1 : 1,04	1 : 0,54
mmer	N. 45 00 O.	0,109	1 : 0,43	1 : 0,39
rbst	N. 34 6 W.	0,070	1 : 1,52	1 : 0,51

Madeira[1].

ahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	N. 6° O.	0,397	1 : 0,67	1 : 0,17
rühling	N. 15 O.	0,419	1 : 0,65	1 : 0,11
ommer	N. 34 O.	0,673	1 : 0,26	1 : 0,01
erbst	N. 13 O.	0,379	1 : 0,67	1 : 0,13

Felix Harbour.

rszeit	Richtung	Stärke	östl. zu west.	nördl. zu südl.
ter	N. 65° 0′ W.	0,086	1 : 2,62	1 : 0,71
ling	N. 35 37 W.	0,100	1 : 1,77	1 : 0,44
mer	N. 14 25 W.	0,108	1 : 1,26	1 : 0,41
st	N. 36 22 W.	0,091	1 : 1,83	1 : 0,55

Rio de Janeiro.

rszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ter	S. 19° 55′ W.	0,059	1 : 1,15	1 : 1,36
ling	S. 48 25 W.	0,142	1 : 1,76	1 : 1,52
mer	N. 70 54 W.	0,084	1 : 1,55	1 : 0,92
st	S. 39 3 W.	0,159	1 : 1,16	1 : 1,80

chtenswerth ist, was schon aus einer Vergleichung der hrlichen Windverhältnisse zu Fort Columbus mit denen lichen Europa hervorgeht, dafs die Windrichtung dort mer mehr zur südlichen, hier dagegen mehr zur nördibergeht, während für den Winter das Gegentheil statt

---

[1] Nach Beobachtungen von Heinecken in den Jahren 1827 u. 1828 s. Journ. of Sc. N. X. p. 73. New Ser. N. I. p. 34. Nach Meteor. Th. I. S. 219.

findet. Ein gleiches Resultat hat Dove[1] für *Cambridge* i
Massachusets aus Beobachtungen erhalten, welche den ganz
Zeitraum von 1791 bis 1812 umfassen; denn hierfür ist, wen
S als Nullpunct angenommen und der Winkel nach W. hi
gemessen wird, die Abweichung

im Winter	113°	41′
— Frühling	50	26
— Sommer	41	12
— Herbst	118	19

Es versteht sich von selbst, dafs die monatlichen Ab
rungen der Windrichtungen in den vierteljährlichen wieder
Vorschein kommen müssen. Man ersieht dieses auf den ers
Blick aus den gegebenen Uebersichten, und jede weitere B
merkung würde daher überflüssig seyn. Ein auffallender Gegen
satz zeigt sich namentlich zu Moscau und Fort Columbus, a
dem dort im Frühling und Sommer die nördlichen, hier d
südlichen Winde die Oberhand haben, während an beiden Or
im Herbst und Winter das Gegentheil eintritt.

68) So wie die Temperaturen und Regenmengen in e
zelnen Jahren verschieden sind und in mehrjährigen Per
wechseln, wenn gleich die Regel im Ganzen bestehend b
so ist dieses auch bei den Windrichtungen der Fall. D
Satz für einzelne Jahre zu beweisen, belohnt sich der M
nicht, denn jeder Blick auf irgend ein Verzeichnifs mehrjä
Windrichtungen zeigt dieses genügend, und das eig
Gesetz der Windrichtungen, oder die mittlere Windrichtung
gegebenen Ortes, kann daher nur durch mehrjährige Be
tungen gefunden werden. Insbesondere hatte Hamilton
legenheit, dieses auf seinen Fahrten zwischen Liverpo
Philadelphia zu beobachten, indem er die dort herrsch
Winde in verschiedenen Jahren sehr wechselnd fand und k
regelmäfsige Folge anzutreffen vermochte. Von 2029 Tage
denen der Wind beobachtet wurde, fielen 98 in den Ja
135 in den Februar, 198 in den März, 334 in den A
264 in den Mai, 172 in den Juni, 125 in den Juli, 2
den August, 159 in den September, 144 in den October
in den November und 179 in den December. Unter d

1 Repertorium der Physik. Th. IV. S. 178.
2 Trans. of the Amer. philos. Soc. cit. New ser. T. II. p. 46

en N. 208, S. 167, O. 361, W. 1101 und veränderliche 192. wischen ist das Verzeichnifs nicht geeignet, die mittlere atliche, vierteljährliche und jährliche Windrichtung daraus estimmen, weil HAMILTON sich nicht stets zur See be- und namentlich weniger in den Wintermonaten, als im mer. Die in Kopenhagen angestellten Beobachtungen von Jahren 1751 bis 1776, dann von 1782 bis 1788, dann 1798 bis 1805, worin das Jahr 1801 fehlt, endlich von bis 1819 und vom Jahre 1823, im Ganzen also von ahren, hat SCHOUW[1] zusammengestellt. Aus diesen hebt rz[2] die beiden Jahre 1765 und 1800 hervor, in denen nittlere Windrichtung am meisten, nämlich um mehr als Grade, verschieden ist. Wird für jedes fünfte Jahr die re Richtung und Stärke der Winde gesucht, so erhält hieraus folgende Resultate:

1751	Richtung	S. 57°	7′	W.	Stärke	0,181
1755	—	N. 80	48	W.	—	0,180
1760	—	N. 87	38	W.	—	0,212
1765	—	N. 59	13	W.	—	0,290
1770	—	N. 86	41	W.	—	0,122
1775	—	S. 50	30	W.	—	0,313
1785	—	N. 75	41	W.	—	0,183
1800	—	S. 17	59	W.	—	0,235
1815	—	S. 38	7	W.	—	0,114
1823	—	S. 43	43	W.	—	0,261

Verden die Beobachtungen von je neun Jahren zusammen- t, so giebt dieses fünf Perioden, worin die Windver- se folgende sind:

ste Periode:	Richtung	S. 83°	5′	W.	Stärke	0,200
weite Periode:	—	S. 70	1	W.	—	0,171
itte Periode:	—	S. 55	2	W.	—	0,113
erte Periode:	—	S. 73	40	W.	—	0,157
nfte Periode:	—	S. 45	59	W.	—	0,172

h also zwischen der ersten und fünften Periode ein Un- ed von nahe 40 Graden statt findet. Man ersieht hier- e viel schärfere Resultate durch die von KÄMTZ befolgte

---

Beiträge zur vergleichenden Klimatologie. S. 67.
Meteorologie. Th. I. S. 218.

Methode erhalten werden, als durch die, welche Schouw a gewandt hat. Dieser theilt nämlich das Ganze in zwei Period vereinigt in der ersten die Beobachtungen von Hornsow den 26 Jahren von 1751 bis 1776, in der zweiten in d 24 Jahren von 1782 bis 1788, 1795 bis 1805, 1815 bis 1 und 1823, und erhält dann folgende mittlere Werthe

Periode	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.	östl.	westl.
1	10	10	12	8	12	18	19	11	30	48
2	7	7	12	13	13	16	19	13	32	48

In diesen längeren Perioden müssen sich die Unter zwischen den kürzeren und zwischen einzelnen Jahren dings mehr ausgleichen, so dafs in Rücksicht hierauf die Folgerungen bestehn können, welche Schouw daraus leitet. Es sollen nämlich hiernach die Windverhältnis Kopenhagen sowohl für das ganze Jahr, als auch für die zelnen Jahrszeiten in dem Zeitraume, welchen diese met logischen Beobachtungen umfassen, unverändert geblieben allein es zeigt sich doch allerdings auch in dieser Zusa stellung ein zunehmender Uebergang der Windrichtungen Südlichen, noch evidenter geht dieses aber aus den Kämtz erhaltenen Resultaten hervor. Otto Eisenlohr die mittlere Windrichtung für Carlsruhe aus 44 Jahren gleich aus den letzten 26 Jahren berechnet; die ganze giebt S. 84° 20′ W., die letztere S. 87° 22′ W., also sich auch hier ein merklicher Unterschied. Aus den Be tungen zu Paris in den Jahren 1806 bis 1826 von Bou findet Kämtz die mittlere Windrichtung daselbst S. Eugène Bouvard[3] aber findet sie aus diesen und den Beobachtungen S. 79° W., mit einem auffallend grofsen schiede und dem merkwürdigen Umstande, dafs zu Pa Carlsruhe die Windrichtung mehr westlich, zu Kopenhag mehr südlich geworden ist. Hiernach unterliegt es wohl Zweifel, dafs die mittlere Windrichtung an den ein

1 Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w. S. der ersten Bestimmung an dieser Stelle befindet sich ein Feh mufs heifsen

$$\frac{-209,9369}{-20,8278} = 10,079 = \text{tang. } 84° 20'.$$

2 Mém. de l'Institt. T. VII. p. 332.

3 Quetelet corresp. math. et phys. T. VIII. p. 273.

n in einzelnen Jahren merklich verschieden seyn könne,
n sie gleich im Ganzen sich gleich bleibt und nach beiden
n hin mehr oder minder abweicht, wodurch Unterschiede
ehn, die sich erst durch eine längere Reihe von Jahren
er ausgleichen.

39) Aus den immerhin noch in verhältnifsmäfsig geringer
vorhandenen Beobachtungsregistern von verschiedenen
i im westlichen und östlichen Europa und in den ver-
en Staaten America's hat KÄMTZ[1] eine Uebersicht der an
i Theilen der Erdoberfläche herrschenden mittleren Wind-
ngen gegeben, welche um so mehr von Interesse ist, als
ber denjenigen Theil der nördlichen Erdhälfte Auskunft
, wo die meisten partiellen Störungen vorwalten, die sich
r leicht auffinden lassen, als diejenigen, welche näher bei
quatorischen Zone die beständigen Winde afficiren. Es
mach im Mittel in

	Richtung	Stärke
England	S. 66° W.	0,198
Frankreich[2] und Holland .	S. 88 W.	0,133
Deutschland	S. 76 W.	0,177
Dänemark	S. 62 W.	0,170
Schweden (Stockholm) . .	S. 77 W.	0,228
östliches Europa	N. 87 W.	0,167
nördliche vereinigte Staaten	S. 86 W.	0,182

ie sich hieraus ergiebt, ist die Windrichtung allgemein
, mit einer geringen Annäherung nach Süden, die im
n Europa zur nördlichen übergeht. Finnland und Ita-
chen hiervon eine Ausnahme, indem dort, vermuthlich
des bottnischen Meerbusens, die Winde eine mehr süd-
ier aber, wegen der Nähe der Alpen, eine mehr nörd-
ichtung annehmen.

) Es sind bei weitem noch nicht genügende Beobach-
vorhanden, aus denen man eine tabellarische Uebersicht
ndrichtungen für die wichtigsten Orte der Erde zu-

---

leteorologie. Th. I. S. 250. Eine sehr ausführliche Tabelle über
eren Windrichtungen im Staate Newyork giebt Dove in Reper-
Th. IV. S. 176.

ler Mistral im südlichen Frankreich macht hiervon eine Aus-
S. §. 40 und 48.

sammenstellen könnte; inzwischen hat Kämtz bereits e
nicht unbedeutende Zahl von Bestimmungen gesammelt, w
ich gebe daher diese um so viel vermehrt, als ich noch auß
dem aufzufinden vermochte, in der folgenden Tabelle, we
nach der auch anderweitig in diesem Werke befolgten Meth
in alphabetischer Ordnung zusammengestellt ist.

Windverhältnisse.

Orte	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Abo[1]	S. 53° W.	0,075	1 : 1,19	1 : 1,19
Amsterdam[2] . . .	S. 61 W.	0,164	1 : 1,60	1 : 1,40
Andex[3]	N. 89 W.	0,282	1 : 2,24	1 : 0,97
Apenrade[4]	N. 64 W.	0,082	1 : 1,26	1 : 0,86
Archangelsk[5] . . .	S. 47 W.	0,065	—	—
Baton-Rouge[6] . .	S. 10 W.	0,109	1 : 1,07	1 : 1,44
Berlin	S. 68 W.	0,195	1 : 1,69	1 : 1,32
Böringen[7]	S. 84 W.	0,095	1 : 1,36	1 : 1,05
Brady[8], Fort . . .	S. 55 W.	0,205	1 : 1,16	1 : 1,11
Brooke[9], Cant. . .	S. 31 O.	0,096	1 : 0,85	1 : 1,20
Cairo	N. 7 O.	0,508	1 : 0,70	1 : 0,81
Cambridge[10] . . .	N. 87 W.	0,258	1 : 2,35	1 : 0,6
Carlsruhe	S. 84 W.	0,207	1 : 1,73	1 : 1,0
Christiansöe[11] . .	S. 75 W.	0,166	1 : 1,57	1 : 1,3
Churchil, Fort[12] .	N. 42 W.	0,399	1 : 2,48	1 : 0,3
Clinch[13], Cant. .	S. 4 W.	0,176	1 : 1,07	1 : 1,7

1 Beobacht. von Lecke von 1750 bis 1761 in Schwed. Abh. XXIV. S. 193.

2 Beob. von 1701 bis 1749 und 1766 bis 1770 in Cava Th. II. S. 200.

3 Beob. von Kettel von 1781 bis 1792 in Mannh. Ephem.

4 Beob. von Neuber von 1812 bis 1820 in Schouw Beitr. 2

5 Kupffer in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. II. p. 215.

6 Lovell Meteorol. register by the surgeons. Washingt. Beob. von 1826.

7 Höslin in Schweiggers Journ. LV. 136.

8 Beob. von 1823 bis 1825, mitgeth. durch Lovell a. a. O.

9 An der Tampa-Bai in Florida. Mitgeth. durch Lovell.

10 In Nordam. Beob. von Williams, von 1785 bis 1787 in d Ephemeriden.

11 Beob. von 1815 bis 1822. Nach Schouw a. a. O.

12 An d. Hudsonsbai. Beob. von 1767 und 1768. Von Wa Phil. Trans. 1780. p. 134.

13 In Florida. Beob. von 1822 bis 1824. Nach Lovell.

Orte	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Junie Mansion[1] .	S. 81° W.	0,254	1:2,07	1: 1,17
Columbus, Fort .	S. 76 W.	0,231	1:2,07	1: 1,08
York[2]	N. 85 W.	0,201	1:1,92	1: 0,94
Council Bluffs[3] .	S. 24 W.	0,065	1:1,15	1: 1,16
Crawford[4], Fort .	N. 85 W.	0,171	1:2,15	1: 0,94
Dixhaven[5]	N. 85 W.	0,176	1:1,78	1: 0,98
Danzig[6]	N. 89 W.	. . .	. . .	. . .
Demainvilliers[7] . .	S. 30 W.	0,139	1:1,45	1: 1,37
Derfeld[8]	S. 52 W.	0,290	1:2,68	1: 1,82
Durt[9]	S. 78 W.	0,199	1:1,80	1: 1,44
Dix-Harbour . .	N. 35 43′ W.	0,368	1:1,75	1: 0,62
Dttingen[10] . . .	S. 32 W.	0,141	1:1,28	1: 1,44
Dxport[11]	W.	0,141	1:1,55	1:1,097
Dlle[12]	N. 86 W.	0,289	1:3,13	1: 0,93
Dmburg[13]	S. 81 W.	0,229	1:1,84	1: 1,21
Dmannsgave[14] .	S. 32 W.	0,200	1:1,40	1: 1,78
Dward[15], Fort .	S. 60 W.	0,161	1:1,48	1: 1,28
Dup[16], Cant. . .	S. 50 O.	0,197	1:0,62	1: 1,53
Dnston[17], Fort .	N. 72 W.	0,162	1:2,55	1: 0,84

In Perthshire. Beob. von 1821 bis 1824 von Macritchie in Edinb. ourn.

Beob. von 1818 bis 1820 von Holt. Aus Ann. of Philos. von r Beiträge a. a. O.

Beob. von 1822 bis 1825. Nach Lovell.

Beob. von 1822 bis 1824. Ebend.

Buek Hamburgs Klima und Witterung. Hamb. 1826. S. 83.

Beob. in 18 Jahren von Kleefeld. Nach Dove in Poggendorff's III. 585.

Beob. von 1748 bis 1759 und 1761 bis 1778. Von Duhamel in Mém. T. II. p. 326.

Schouw Beiträge, p. 44.

Beob. von 1781 bis 1788 von Planer in Mannh. Ephem. Göttingen in med. phys. u. hist. Hinsicht, von Marx. Gött. 72.

Beob. von 1818 bis 1820 von Burney. Aus Ann. of phil. in Beitr. S. 34.

Beob. von 1816 bis 1818 u. 1820 bis 1822 von Bullmann, mitdurch Kämtz Met. Th. I. S. 225.

Beob. von 1788 bis 1809 u. 1816 bis 1823. In Buek Hamburgs . s. w.

Beob. von 1802 bis 1805 in Schouw Beiträge. S. 29.

Unweit des See Michigan. Beob. von 1822 bis 1825. Nach Lovell.

Am Sabine-River. Beob. von 1823 bis 1825. Nach Lovell.

In Nordcarolina. Beob. von 1822 bis 1825. Ebend.

Orte.	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Kendal[1]	S. 69° W.	0,214	1 : 1,83	1 : 1,81
Kerk[2]	N. 89 W.	0,200	1 : 1,15	1 : 0,94
Keswick[3]	S. 43 W.	0,244	1 : 1,60	1 : 2,05
Königsberg[4] . . .	S. 71 W.	. . .	. . .	. . .
Kopenhagen . . .	S. 63 W.	0,158	1 : 1,53	1 : 1,33
Laihela[5]	S. 66 W.	0,120	1 : 1,54	1 : 1,22
Lancaster[6]	S. 35 W.	0,308	1 : 1,70	1 : 2,50
London[7]	S. 77 W.	0,174	1 : 1,69	1 : 1,15
Lüneburg[8]	S. 85 W.	0,317	1 : 2,04	1 : 1,47
Madera	N. 20 O.	0,463	1 : 0,53	1 : 0,[illegible]
Mailand[9]	N. 61 O.	0,088	1 : 0,82	1 : 0,[illegible]
Manchester[10] . . .	S. 42 W.	0,411	1 : 2,33	1 : 1,[illegible]
Mannheim[11] . . .	N. 65 W.	0,047	1 : 1,15	1 : 2,[illegible]
Mifflin[12], Fort . .	S. 55 W.	0,184	1 : 1,50	1 : 1,[illegible]
Montmorenci[13] . .	N. 48 W.	0,162	1 : 1,56	1 : 0,[illegible]
Moscau[14]	N. 80 W.	0,127	1 : 1,53	1 : 0,[illegible]
Moultrie[15], Fort .	S. 65 O.	0,280	1 : 0,42	1 : 1,[illegible]
Mühlhausen . . .	W	0,260	1 : 1,92	1 : 0,[illegible]

1 Beob. von 1788 bis 1792, aus Dalton's meteor. essays in [illegible] Beitr. S. 35.

2 Nach 2jähr. Beobacht. S. Dove in Poggendorff's Ann. [illegible]

3 Ebendaselbst.

4 Aus eilfjährigen Beob. von Sommer. Nach Dove in Pogg[illegible] Ann. XIII. 585.

5 Beob. von 1751 bis 1754 von Stjerwal in Schwed. Abh. [illegible] S. 120.

6 Beob. von 1816 bis 1822 von Heaton aus Ann. of [illegible] Schouw Beitr. a. a. O.

7 Beob. von 1807 bis 1818 aus Howard Climate of [illegible] Schouw Beitr. a. a. O.; von 1819 bis 1822 in Daniell meteor[illegible] von 1776 bis 1781 und 1787 bis 1789 in Philos. Trans.

8 Beob. von 1818 bis 1826 von Rauschenbusch in Kast[illegible] Th. I. S. 196.

9 Beob. von 1763 bis 1817 auf d. Sternwarte, nach C[illegible] Memorie della Soc. Ital. T. XVIII. p. 73.

10 Beob. von 1819 bis 1821 von Hanson. Aus Ann. of Ph[illegible] Schouw Beitr.

11 Beob. von 1781 bis 1792 von Hemmer in Mannh. Ephem. [illegible]

12 In Delaware. Beob. von 1823 u. 1824 bei Lovell a. a. O.

13 Beob. von 1768 bis 1782 in Cotte Mém. T. II. p. 454.

14 Beob. von 1785 bis 1789, von 1791 bis 1793 von Stev[illegible] Mannh. Ephem.

15 Bei Charlstown. Beob. von 1823 u. 1824 bei Lovell a. a. [illegible]

Orte	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ünchen[1]	S. 59° W.	0,305	1 : 2,20	1 : 2,44
ew-Malton[2] . .	S. 82 W.	0,149	1 : 1,69	1 : 1,08
icolajeff[3]	N. 24 O.	. . .	. . .	. . .
fen[4]	N. 70 W.	0,256	1 : 2,15	1 : 0,69
ıdua[5]	N	0,337	1 : 1,01	1 : 0,34
ıris	S. 68 W.	0,214	1 : 1,98	1 : 1,28
issenberg[6] . . .	S. 43 W.	0,165	1 : 1,32	1 : 1,59
nzance[7]	N. 86 W.	0,138	1 : 1,55	1 : 0,95
tersburg[8] . . .	N. 67 W.	0,100	1 : 1,33	1 : 0,86
g[9]	S. 74 W.	0,383	1 : 3,51	1 : 1,43
gensburg[10] . . .	N. 31 W.	0,164	1 : 1,22	1 : 1,07
chelle[11]	N. 72 W.	0,073	1 : 1,21	1 : 0,92
o-Janeiro . . .	S. 39 W.	0,377	1 : 1,39	1 : 1,37
m[12]	N. 61 W.	0,149	1 : 1,80	1 : 0,93
gan[13]	S. 30 W.	0,218	1 : 1,48	1 : 1,77
vern[14], Fort . .	S. 49 W.	0,039	1 : 1,12	1 : 0,95
mpheropol[15] . .	S. 71 O.	0,227	. . .	. . .
agen[16]	S. 63 W.	0,171	1 : 1,49	1 : 1,57
elling[17] Fort .	S. 81 W.	0,230	1 : 2,18	1 : 1,10
ndmör[18]	S. 59 W.			

Beob. von 1781 bis 1792 von Hünpauer in Mannh. Ephem.

Beob. von 1819 bis 1822 und von 1824 u. 1825 von Stockton of phil. nach Schouw a. a. O.

Nach Kupffer in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. II. p. 215.

Beob. von 1782 bis 1792 von Weiss und Bruna in Mannh. Ephem.

Beob. von 1781 b. 1792 von Toaldo u. Chiminello in Mannh. Ephem.

Beob. von 1781 bis 1792 von Fischer, Schlögel und Schwaiger in Ephem.

Beob. von 1807 bis 1827 von Giddy in Philos. Mag. and Ann. p 173.

Beob. von 1772 bis 1792 von J. A. Euler in Nov. Act. Acad. T. IX. p. 393. Nach Schouw a. a. O.

Beob. von 1781 bis 1787 u. 1789 bis 1791 von Strnadt in Mannh.

Beob. von 1783 bis 1786 und 1788 bis 1790 von P. Heinrich in Ephem.

Beob. von 1783 bis 1790 von Seichetti. Ebend.

Beob. von 1782 bis 1792 von Calandrelli. Ebend.

Beob. von 1781 bis 1792 von Preuss. Ebend.

in Maryland. Beob. von 1822. Bei Lovell.

Nach Kupffer in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. II. p. 215.

Beob. von 1815 bis 1822. Nach Schouw a. a. O.

in Missisippi. Beob. von 1822 bis 1824. Bei Lovell a. a. O.

Nach Dove in Poggendorff's Ann. XIII. 585.

einen ganzen Kreis. Nach Lampadius[1] sind die Dre des Windes bei uns häufiger von der Linken zur Rech umgekehrt, und die Regel ist, dafs der Wind von Nor Ost, Süd und West wieder nach Nord übergeht, in jedes Jahr zu jeder Jahreszeit mehrere Perioden solch hungen giebt, die zuweilen ganze Wochen, zuweilen nige Tage dauern und in denen der Wind selten zurück Zugleich betrachtet er[2] dieses Gesetz als wesentlich herbestimmung der Witterung, denn hierauf beruht ihm sogenannte regelmäfsige Periode, in welcher d durch Süd mit heiterem Wetter nach West übergeht, Regen erfolgt, und einige Zeit anhält, bis er sich wendet und wieder heiteres Wetter folgt. Eine unreg Periode dagegen nennt er die, wenn der Westwind b Nord, bald nach Süd abweicht, zu welcher Zeit d Witterungsregeln trügen. Schübler[3] bemerkt blofs dafs die Drehung der Winde in Deutschland in der a nen Ordnung häufiger erfolge, als in der umgekehrt der gewichtigsten Zeugnisse aber ist das von Poitevi cher aus, 35 Jahre zu Montpellier angestellten, Beob folgert, dafs vorzugsweise die heftigen Süd- und S winde, die zugleich mit Regen begleitet zu seyn pfleg SW. und W. nach NW. gelangen, und sich daselbst setzen pflegen, die Nord- und Nordostwinde in S Südwestwinde übergehn, Nordwinde aber sich sel NW. wenden. Nach Dudrs[5] findet ein ähnliches in Nordamerica statt, indem der Wind innerhalb zehn zig Tagen in der angegebenen normalen Richtung ein Kreis durchläuft; dreht er sich dagegen in entgeg Richtung, so dauert dieses nur 12 bis 24 Stunden.

Für die südliche Halbkugel giebt es ungleich we obachtungen, als für die nördliche, dennoch aber ist

1 Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie. Freyb S. 189.

2 Beiträge zur Atmosphärologie. Freyb. 1817. S. 11.

3 Grundsätze der Meteorologie. Leipzig 1831. S. 28.

4 Climat de Montpellier. p. 65. Nach Dove in Poggendorf XV. 55.

5 Reise nach den westlichen Staaten Nordamerica's. S. 208. Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 257.

rrschendes, aber umgekehrtes Verhalten der Aufmerk-
der Seefahrer nicht entgangen. Don Ulloa[1] sagt aus-
s, der Wind im südlichen stillen Oceane setze sich
O. fest, und gehe niemals von dieser Richtung zu O.
ne Veränderung sey vielmehr stets nach W. oder SW.,
n entgegengesetzt, was man auf der nördlichen Halb-
hrnimmt. Auf beiden Halbkugeln erfolge die Verän-
er Windesrichtung mit dem Laufe der Sonne, auf der
n von O. nach S. und dann nach W., auf der süd-
n O. nach N. und dann nach W. Ebenso bemerkt Le
, er habe wahrgenommen, was auch von andern schon
worden sey, dafs die Winde auf der südlichen Halb-
e auf der nördlichen herrschende Regel nicht befolgen,
dieser durchlaufen sie den Compafs in der Richtung
urch NO. nach O. und SO. bis S. u. s. w., auf jener
er entgegengesetzten Richtung. Stürme und einzelne
se scheinen diesem Gesetze nicht unterworfen zu seyn,
Irsache die Physiker noch nicht aufgefunden haben.
tätigung dieser Thatsache erhielt Dove von dem preu-
Schiffscapitaine Wendt, welcher sich dabei namentlich
Erfahrungen am Vorgebirge der guten Hoffnung und
Horn bezog.

Wie man hieraus ersieht, war die Thatsache seit ge-
eit genügend bekannt, niemand versuchte aber mit
m Erfolge dieselbe vollständig zu erklären und mit
meinen Bewegungsgesetzen unserer Atmosphäre in cau-
indung zu setzen, bis dieses neuerdings durch Dove
sehr genügende Weise geschehn ist. Ehe wir uns
t den durch ihn gefundenen Resultaten bekannt ma-
d es zweckmäfsig seyn, dasjenige zu überblicken, was
lohr[3] in dieser Beziehung aus 44jährigen Beobach-
i Carlsruhe abgeleitet hat, wobei man sich des Wun-
ht enthalten kann, dafs viele solche sichere Thatsachen
i seyn möchten, um ein bestimmtes Gesetz daraus

---

yage to South America. T. I. p. 8. Dove in Poggendorff's
VI. 329. führt diese Zeugnisse an.
yage dans les Mers de l'Inde. T. II. p. 701.
tersuchungen über den Einfluss des Windes u. s. w. Heidelb.
0.

abzuleiten. Zuerst zeigt eine Tabelle die auf 10000 reducirten Veränderungen der verschiedenen Winde aus 46665 Beobachtungen in der Art, dafs eine Veränderung angegeben ist, wenn der Wind bei der zweiten Beobachtung schon in eine andere Richtung übergegangen war. Es ergiebt sich hieraus, dafs die am häufigsten herrschenden Winde zugleich die beständigsten sind.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	3789	2026	2880	5098	5000	1680	3458	47
Februar	3646	2283	2492	6579	6020	1814	3784	52
März	3854	2431	3938	7308	6489	2277	3960	58
April	4028	3075	4172	7368	7172	2949	4175	69
Mai	4324	3069	4033	8125	6444	2760	4003	69
Juni	3918	3281	4153	8333	7273	2840	4131	63
Juli	4238	3219	5115	6667	7355	2660	4082	56
August	4524	3025	3633	7755	7895	2675	4160	65
September	4588	2553	3406	7500	6633	2404	3529	59
October	4949	2398	3569	5506	5822	2587	3768	60
November	3535	2352	2730	7045	5323	1851	3816	65
December	3590	1780	1951	8000	4874	1523	3175	45
Winter	3684	2015	2446	6228	5284	1661	3471	45
Frühling	4081	2837	4049	7679	6677	2654	4049	61
Sommer	4181	3176	4186	7394	7523	2720	4121	62
Herbst	4366	2431	3240	6358	5870	2250	3691	60
Jahr	4094	2581	3387	6876	6343	2296	3872	52

Eisenlohr stellt ferner die Drehungen der Winde nach Gröfse des durchlaufenen Bogens in mehreren Tabellen zusammen; es wird aber für unsern Zweck genügen, nur die Summen dieser Drehungen in den verschiedenen Jahreszeiten und im ganzen Jahre hier anzugeben. Dabei bezeichnet man jede Drehung die von Bago als die häufigste angegebene, wenn der Wind von S. nach W., dann nach O. u. s. w. übergeht, *norme* dagegen, wenn er sich von S. durch SO.; O.; u. s. w. bewegt.

Summe der normalen Drehungen:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
934	1361	1476	1170	4941.

Summe der abnormen Drehungen:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
852	1237	1377	1072	4538

nach ist das Verhältnifs der abnormen Drehungen zu den nalen nicht gröfser als 1 : 1,0888 oder = 1 : 1,09, wonach die normalen nur um höchstens 0,1 die abnormen über- en. Dieses Resultat scheint mir aber in gewisser Bezie- ; ein unrichtiges zu seyn, weil die bleibenden stärkeren ungen mit vorübergehenden partiellen vereint sind. Nicht n, wo nicht meistens, pflegt der Wind seine Richtung kurze Zeit zu ändern und eine entgegengesetzte anzuneh- , namentlich wenn er in seiner mittleren Richtung, also im egenden Falle aus West, mit einer geringen Abweichung Süd weht, ohne jedoch seine normale Drehung im Ganzen ndern. Dieses ergiebt sich deutlich aus einer Zusammenstel- der Drehungen durch kleinere und gröfsere Bogen, wie von Eisenlohr mitgetheilt ist. Hiernach war die Sum- er

normalen Drehungen		abnormen Drehungen	
durch 45° . . .	2140	durch 45° . . .	2183
— 90 . . .	938	— 90 . . .	886
— 135 . . .	855	— 135 . . .	805
— 180 . . .	1008	— 180 . . .	664

Verhältnifs der abnormen Drehungen zu den normalen ist ür 55° ein umgekehrtes, nämlich = 1,02 : 1 und mufs da- as Verhältnifs der Gesammtsumme verrücken; bei 90° sich dagegen schon die Sache richtiger heraus, und ebenso 30°, wo das Verhältnifs der abnormen Drehungen zu den len = 664 : 1008 oder = 1 : 518 ist, so dafs die nor- Drehungen die abnormen um mehr als ein Drittel über- . Vermöge eines so gewichtigen Beweises dürfen wir an ichtigkeit des *Baco'schen Gesetzes* nicht mehr zweifeln, o weniger, da auch die zwar nur einjährigen, aber stünd- ngestellten Beobachtungen zu Apenrade[1] das Verhältnifs bnormen Drehungen zu den normalen = 457 : 559, also : 1,223, mithin die letzteren fast ein Viertel gröfser en.

[1] Collectanea meteorologica oct. Hafn. 1829. 4. p. 222.

dagegen aber findet sich eine wichtige Folgerung vollkom
bestätigt, welche Dove an das Theorem der neben einan
strömenden entgegengesetzten Windrichtungen knüpft. Ab
sehn von örtlichen Einflüssen, namentlich von der vielfach
diesem Werke besprochenen ungleichen Bodenwärme, wird
an denselben Orten zu verschiedenen Zeiten statt find
Wärme oder Kälte, erstere mit Nässe, letztere mit Trocke
verbunden, durch die herrschende Windrichtung bedingt,
somit wird dann leicht erklärlich, dafs in manchen Jahren
und kalte Witterung an westlicher gelegenen Orten h
wenn das entgegengesetzte Verhalten an den östlichen
findet und umgekehrt. Wenn einmal solche entgegenge
Luftströmungen existiren, so folgt daraus von selbst, d
der Mitte zwischen beiden wirbelartig sich drehende W
entstehn müssen, aus denen sich die oft vorkommenden
änderungen der Winde in der einen und der entgegenge
Richtung erklären lassen; im Allgemeinen aber sollen
Dove die südlichen Windrichtungen in der gemäfsigten
der nördlichen Erdhälfte über dem atlantischen Oceane u
Südsee, mit Einschlufs der Westküsten, die nördlichen
gen über den asiatischen und americanischen Continente
zugsweise herrschen[1].

75) Gegen diese Hypothese erklärte sich Schouw[2],
zwar vorzüglich deswegen, weil sich die nordöstliche
richtung in Petersburg nicht findet, ja selbst in Barn
östlichen Sibirien und im Nertschinsk-Thale Nord- und
winde die herrschenden seyn sollen[3], wobei jedoch
Abrede gestellt wird, dafs dieses Argument nicht entsc
sey, weil Oertlichkeiten gerade an diesen Orten von d
gendem Einflusse seyn können, ohne zugleich die n
Luftströmungen im gesammten östlichen Rufslande aus
fsen. Die gröfsere Wärme der Westküste Europa's und
rica's glaubt Schouw gleichfalls aus dem Einflusse der

1 In Alex. Burnes Reisen in Indien und nach Bukhara. 1835. 8. finden sich viele diese Behauptung in Beziehung auf bestätigende Angaben, welche im Einzelnen nachzuweisen mir fehlt.

2 Poggendorff's Ann. XIV. 541.

3 Nach George's Reise im russischen Reiche. Th. I. S. 131. Kämtz in allgem. Lit.-Zeit. 1828. S. 435.

le an jener und der Nordostwinde an dieser nicht ableiten önnen, weil diese Ursache die hervorstechende Wärme der mer und die strenge Kälte der Winter nicht zu erklären öge, die sich ungleich leichter daraus folgern lasse, dafs en östlicher gelegenen Orten die Winde in Folge ihrer im meinen westlichen Richtung über grofse Landstrecken her- nen, wo sie ihrer Feuchtigkeit beraubt sind[1]. In Bezie- auf den wesentlichsten Punct, nämlich die normale Dre- des Windes, stellt Schouw die zu Apenrade angestellten achtungen entgegen. Daselbst war die Drehung

	normal	abnorm
O. (ONO. und OSO. inclus.)	97	77
S. (SSO. — SSW. inclus.)	111	70
W. (WSW.— WNW. inclus.)	152	133
N. NNW. — NNO. inclus.)	56	59

n ist allerdings die Zahl der normalen Drehungen im Gan- überwiegend gröfser, und würde demnach hieraus gerade legentheil des gesuchten folgen; allein es soll dann zu- auffallend seyn, dafs für Nordwind das umgekehrte Ver- ifs statt findet, woraus Schouw die allerdings sinnreiche rung entnimmt, dafs der Wind sich am meisten in der- n Richtung drehe, in welcher er zunächst zu der vor- weise herrschenden gelange. Weht diesemnach der Wind ., so geht er in die herrschendere nach S. über, und aus nächst nach W., weswegen er sich blofs aus N. entge- setzt nach W. dreht. Inzwischen geht die Unhaltbarkeit Hypothese aus den oben angegebenen Beobachtungen zu ruhe hervor, wo Ostwind im Ganzen selten, die mittlere ung westlich ist, und von hier aus konnte die Drehung o gut nach S. als nach N. erfolgen, die normale hat aber röfsere Bogen entschieden das Uebergewicht.

Zur Bestimmung der Windrichtungen benutzt Schouw die ihm angestellten Beobachtungen der Regenverhältnisse. nach tritt die Periode der häufigsten Regen zunehmend

---

1 Obgleich diese Ursache als mitwirkend gelten kann, so ist diese sehr unbedeutend gegen die Ungleichheit der Bodenwärme und hierdurch erzeugten Erwärmung des Wassers, wie im Art. *Tempe-* r überzeugend nachgewiesen worden ist.

später ein, je weiter man nach Süden geht. Da aber d
durch den herrschenden Südwind herbeigeführt wird, so l
sich hiernach vermuthen, dafs die Zone, welche diesen W
giebt, gleichfalls mit der Sonne weiter nach Süden rückt.
Sommer erreicht die Zone des (NO.)-Passates die canari
Inseln, und geht selbst noch über diese hinaus, über den
dern am mittelländischen Meere herrschen Nordwinde, im
lichen Europa südwestliche und westliche[1], im Winter fal
Nordgrenze des Passates jenseits des Wendekreises, die
winde erreichen den Wendekreis, und der herabsinkend
sat zeigt sich im südlichen Europa, dem nördlichen Afri
auf den canarischen Inseln. Die Westwinde während des
mers im nördlichen Europa werden also theils durch den
rückkehrenden Passat, theils durch die Erwärmung des B
bedingt, welche eine Strömung von der See her veranlafs
Winter dagegen herrscht zwar gleichfalls der rückkeh
Passat, allein die Nordgrenze desselben ist dem Wend
näher und die östlichen Winde besiegen ihn leichter,
die Wärme über dem Meere gröfser ist, als über dem L
Hiernach sind in Europa während des Sommers allerdin
Windrichtungen vorhanden, sie liegen jedoch nicht nach
in Ost und West, sondern in Süd und Nord, und im
chen Europa liegt der Südweststrom über dem nördlich
findet daher ein Kreislauf statt, aber kein horizontaler,
ein verticaler.

76) Inzwischen genügten die aufgestellten Argumen
um Dove von der Unrichtigkeit seiner Hypothese zu
zeugen, vielmehr unterstützte er dieselbe mit neuen
gen Argumenten[3]. Zwar fehlte es ihm für diesen Z
hinlänglich zahlreichen und zur Genüge genauen Beobach
um dasjenige zu beweisen, was er ursprünglich aus
zweijährigen Beobachtungen zu Königsberg gefolgert hat
lein er brachte die eigentliche Aufgabe mit andern meteo
schen Erscheinungen in Verbindung, aus denen sich in

1 Der Grund hiervon ist, weil die aufsteigende Luft des P
über dem Nordwinde hinströmt und weiter nördlich herabsinkt.

2 Die oben §. 67. mitgetheilten Uebersichten der vierte
Windrichtungen sind im Ganzen dieser Ansicht nicht günstig.

3 Poggendorff's Ann. XV. 53.

ise entnehmen lassen. Wie wir mit Sicherheit wissen, die durch südliche und südwestliche oder auch westliche le herbeigeführten Luftmassen warm und diesemnach mit erdampf überladen, die durch östliche und nördliche her- mmenden dagegen kalt und trocken; wenn beide zusam- effen, müssen durch die Abkühlung der ersteren Nieder- je entstehn. Sind dann hierbei die nördlichen überwie- stark, so dafs sie allmälig die Oberhand gewinnen und lerrschaft erlangen, so wird während der Niederschläge, weilen sogar schon vorher, das Thermometer herabgehn, rometer dagegen steigen, und die normale Drehung des s erfolgen, im entgegengesetzten Falle aber das Gegen- statt finden. Hiernach giebt also das Thermometer und Ba- r diejenige Richtung an, welche der Wind inne zu hal- egt. Diesem gemäfs beweist Dove aus den zu Paris an- en meteorologischen Beobachtungen, dafs das normale gsgesetz des Windes allerdings auch an diesem Orte des hen Europa's statt findet. Genaue Beobachtungen der ihne und des Zuges der dickeren und feineren Wolken ferner, dafs es im nordwestlichen Europa zwei einan- tgegengesetzte Windrichtungen giebt, im Allgemeinen rdöstliche und südwestliche, welche sich durch die ganze häre erstrecken. Nennt man den einen den nördlichen, dern den südlichen, so ergiebt sich aus den Beobach- , dafs das Verdrängen des südlichen Stromes durch den len zuerst in den unteren Gegenden der Atmosphäre, n auch in der oberen erfolgt, das Verdrängen des nörd- Stromes durch den südlichen aber geschieht zuerst in ren, dann in den unteren. Wenn nun das normale gsgesetz der Winde wirklich vorhanden ist, so werden teme der Niederschläge, die durch die Verbindung die- en Luftströme entstehn, nicht in die Puncte ihrer ei- en Richtung, also NO. und SW., sondern in O. und n, was aus den Beobachtungen zu Hamburg deutlich ht. Wenn endlich die angegebenen Hauptrichtungen strömungen wirklich existiren, so werden in diese die Winde fallen, und die Zahl der letzteren wird abneh- wie sie sich von jenen weiter entfernen. Eine Ver- g der Mengen der Winde an 38 verschiedenen Orten ber zu dem Resultate zu führen, dafs im westlichen

Europa die Hauptluftströmungen mehr in SW. und NO., östlichen und nördlichen aber in W. und O. fallen.

77) Wir müssen den Fortgang der Untersuchungen Do einen Augenblick unterbrechen, um eine einschlagende A von Galle[1] zu erwähnen, wodurch dieser indirect die a stellte Hypothese unterstützt. Wird als erwiesen voraus dafs im Allgemeinen bei Südwinden das Barometer am ni sten, bei Nordwinden am höchsten steht, so darf man Recht schliefsen, dafs der Wind von Ost sich nach S det, wenn das Barometer fällt, und von West nach wenn dasselbe steigt, und dafs also die normale Dre Windes existiren mufs, wenn beides in der Regel stat Um letzteres zu zeigen, benutzt Galle die zu Danzig Kleefeld in den Jahren 1813 bis 1827 dreimal täglich stellten Beobachtungen, und zeigt aus den Unterschied Barometerstände, dafs in der Regel der Wind aus O. SO. nach S. und W., von W. aber durch NW. und N. O. übergeht, ohne dafs in dieser Beziehung ein ander halten am Tage als bei Nacht statt findet.

79) Wie wir gesehn haben, bekannte sich Dove z hänger des Drehungsgesetzes der Winde, und unterstü selbe theils durch allgemeine Gründe, theils durch die und indirecten Resultate, die er aus seinen eigenen ru gen Beobachtungen zu Königsberg und aus denen an Orten entnahm. Hiernach können wir die Abhandlung er die vorliegende Frage zum eigentlichen Gegens Untersuchung wählt, hauptsächlich nur als einen wer trag zur schärferen Bestimmung und näheren Erl ganzen Aufgabe betrachten. Eine ins Einzelne geh gabe, wie er die Drehung der, vom Pole zum Aequa menden und demnach fortdauernd zu Parallelkreisen r fserer Rotationsgeschwindigkeit gelangenden, Luftmassen sen beiden auf sie wirkenden Kräften ableitet, eine en gesetzte Drehung aber für den zurückkehrenden Passat oberen Regionen folgert, und zugleich zeigt, dafs ein Verhalten, aber im entgegengesetzten Sinne, auf der s

1 Poggendorff's Ann. XXXI. 465.

2 Ueber den Einfluss der Drehung der Erde auf die Str ihrer Atmosphäre. In Poggendorff's Ann. XXXVI. 321.

ugel statt finden müsse, können wir hier um so mehr über-
je deutlicher die Sache sich durch eine später mitzuthei-
Darstellung dieses Verhaltens herausstellt. Das Hauptre-
zu welchem Dove gelangt, ist folgendes:

In der nördlichen Erdhälfte dreht sich der Wind, wenn
röme und Aequatorialströme mit einander abwechseln, im
im Sinne S., W., N., O., S., durch die Windrose,
ringt zwischen S. und W., zwischen N. und O. häu-
rück, als bei andern Richtungen.

In der südlichen Erdhälfte dreht sich der Wind, wenn
öme und Aequatorialströme mit einander wechseln, im
im Sinne S., O., N., W., S., durch die Windrose,
ingt zwischen N. und W., zwischen S. und O. häufi-
ick. Hieraus folgt dann:

Wo in der tropischen Zone nur Polarströme an der
he herrschen, giebt es keine vollständige Drehung, son-
e der Entfernung des Beobachtungsortes von der äufsern
des Stromes proportionale unveränderte Ablenkung, wel-
h die Veränderung dieser Grenze in Folge der Jah-
etwas modificirt wird. Dieses sind die *Passate.*

Wo in der tropischen Zone durch die eigenthümliche
ng des Festen und Flüssigen der Erde einmal im
n südlicher Strom mit einem nördlichen abwechselt,
nur eine Drehung im ganzen Jahre. Dieses sind die

n den gemäfsigten und wahrscheinlich auch in den
nen, wo Aequatorialströme fortwährend mit Polar-
abwechseln, dreht sich der Wind im Mittel, und zwar
in einem bestimmten Sinne durch die Windrose, auf
lichen Halbkugel aber gerade im entgegengesetzten
ls auf der südlichen. Dieses giebt dann das *Gesetz*
ung.

Die wirkliche Existenz dieses Gesetzes beweist Dove
rect aus den oben (§. 71) bereits angegebenen Zeug-
ufserdem aber indirect aus den Veränderungen der me-
chen Werkzeuge, aus denen sich diese Drehungen
assen. Berücksichtigt man zuerst das Barometer, so
selbe bei O.–, SO.– und Südwinden fallen, bei SW.–
in Steigen übergehn, und bei West– und Nordwest–
teigen. Dafs dieses wirklich erfolge, und zwar un-

abhängig von der täglichen und jährlichen Periode [illegible] Zusammenstellung der Beobachtungen zu Paris, [illegible] Danzig. Aus den zu Paris von 1816 bis [illegible] Temperaturen geht ferner hervor, daſs das [illegible] SO.- und S.-Winden steigt, bei SW. [illegible] bei W.- und NW.-Winden aber fällt, was [illegible] Existenz des genannten Gesetzes entscheidet. [illegible] achtung verdient aber dasjenige, was Dove [illegible] Beobachtungen folgert. Hauptsächlich [illegible] Witterung fast ausschlieſslich durch die W[illegible] dingt wird, nahm derselbe wahr, daſs bei SW.- [illegible] Winden die untere Windrichtung mit dem [illegible] Wolken zusammenfällt, bei W.- und NW.- [illegible] Winden dagegen die Richtung der Windfahne [illegible] ren dichteren Wolken mit der der oberen [illegible] det. Wenn ferner nach einem barometrischen [illegible] SW. der Wind durch W. nach NW. herumlauft, [illegible] am westlichen Horizonte dunkle Wolken [illegible] ein kalter Wind vorausgeht, welcher das [illegible] macht, und im Winter Schnee, im Frühling [illegible] und im Sommer Gewitter bringt. Sieht man [illegible] Zwischenräume die höchsten Federwolken, [illegible] daſs sie ihre Richtung von SW. nach NO. [illegible] ten; das Barometer steigt sprungweise, die [illegible] erheben sich mehr, bis die Wolkendecke bricht, [illegible] schwinden bei raschem Durchgange des Windes [illegible] NO. die obersten feinen Wolken, die Windfahne [illegible] stehn, der Himmel wird heiter und das Barometer [illegible] die Kälte, haben ihr Maximum erreicht. Fällt [illegible] meter, so erscheinen auch in den höchsten [illegible] nen Wolken, bewegen sich in der Richtung von [illegible] nach N. oder NO., der Himmel wird trübe [illegible] zu der Zeit, wenn Hüfe um Sonne und [illegible] als sichere Vorboten nasser Witterung gelten, [illegible] fahne geht bei fallendem Barometer von O. nach [illegible] daſs sie mit der Richtung des Cirrus einen [illegible] bildet. Befinden sich dichere Wolken in den [illegible] nen, so werden sie allmälig von dem Cirrus [illegible] im Winter fällt Regen, wenn der Boden [illegible] ist. Die Windfahne geht rasch durch S. [illegible]

rmisches, regnerisches Wetter ein. Hieraus läfst sich lgern, dafs es zwei einander entgegengesetzte Winde welche durch die ganze Atmosphäre hindurchgehn. Dove liese *Luftströme*, und zwar einen südlichen und einen en; die Erscheinungen der Westseite gehören zu einem nge des südlichen Stromes in den nördlichen, wobei drängen des südlichen Stromes durch den nördlichen in eren Regionen anfängt, die Erscheinungen der Ostseite bestehn in einem Uebergange des nördlichen Stromes südlichen, wobei das Verdrängen des nördlichen durch lichen zuerst in den oberen Regionen beginnt.

liegt vor Augen, dafs der Grund dieser Erscheinung in ärme-Unterschiede beider Ströme, der hieraus folgenden en Dichtigkeit und, was sich wohl von selbst ver- rem verschiedenen Gehalte an Wasserdampf zu suchen her sind die Niederschläge um so stärker, je rascher egengesetzten Luftströme einander verdrängen. Soll die- h den südlichen geschehn, so mufs es von oben herab , weil er in den oberen Regionen der äquatorischen inen Ursprung hat, wird der südliche aber durch den en verdrängt, so geschieht dieses mit grofser Heftigkeit, er letztere, zugleich der schwerere, den ersteren leich- die Höhe hebt; es erheben sich heftige Stürme, bei er Wind von SW. durch W. nach NW. übergeht, und e eintritt, wenn er nach N. gelangt ist. Inwiefern h das Barometer und Thermometer afficirt und der r Witterung bedingt wird, läfst sich aus dem allge- Charakter dieser Luftströme leicht entnehmen. Liegen tröme einander gerade gegenüber, so stauen sie sich d wenn keiner derselben eine überwiegende Stärke hat, ehn dichte Nebel, die zuweilen wieder verschwinden, dem der gegebene Ort die Grenze des Zusammensto- eider Ströme, oder einer derselben einzeln trifft. Aus onflicte beider lassen sich die häufigen barometrischen kungen leicht erklären, so wie nicht minder der Um- dafs die hervorstechenden barometrischen Maxima und nicht selten in kurzer Zeit auf einander zu folgen , weil ein schnell fliefsender Strom, hauptsächlich durch Katastrophen in südlichen Gegenden erzeugt, endlich n Widerstand stöfst und, durch Uebermacht zurückge-

drängt, später das vorher erzeugte Minimum wieder in ein Maximum verwandeln mufs.

80) Dove wendet diese einfach aus der polaren und äquatorischen oberen Strömung entnommenen Gesetze auf Erfahrungen in der nördlichen Halbkugel an, bemerkt dafs ein gleiches Verhalten mit entgegengesetzter Richtung der südlichen Halbkugel statt finden müsse, dessen wirkliches Vorhandenseyn sich aber wegen Mangels an genügenden Erfahrungen nicht mit gleicher Vollständigkeit nachweisen lasse. Diesen Mangel hat Galle[1] theilweise ersetzt durch die Zusammenstellung der Beobachtungen, welche durch den Capitän Wendt auf dem preufsischen Schiffe Louise in den Jahren 1830 bis 1831 und 1833 auf der südlichen Halbkugel bei der Umschiffung des Cap Horn, und auf der nördlichen zwischen Hamburg und Rio de Janeiro angestellt worden sind. Da die solche Tabellen von Dove selbst, für einige Orte in Europa, der hier gegebenen Uebersicht nicht aufgenommen sind, so werden die folgenden drei, auch des Beispiels wegen, vielleicht eher einen Platz verdienen. Um dieselben zu verstehn, mufs man nur folgendes bemerken: wenn das Barometer auf der nördlichen Halbkugel zwischen SW. und W. sein Minimum, zwischen SO. und O. sein Maximum hat, so müssen diese Extreme auf der südlichen zwischen NW. und W. und zwischen SO. und O. liegen, folglich auf der südlichen Halbkugel unter der Voraussetzung, dafs auch dort zwei Hauptwinde existiren, und die regelmäfsige Drehung des Windes bei ihnen, das Barometer bei SW. ebenso zu steigen beginnen, wie der nördlichen bei NW., nicht minder aber bei NO ebenso zu fallen anfangen, als auf der nördlichen bei SO. Dieses vorausgesetzt darf man nur das Steigen durch + und das Fallen durch — bezeichnen, um sich zu überzeugen, welchen Winden das eine oder das andere dieser beiden zugehört.

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 472.

Südliche Halbkugel.

Wind	Mittel aus 2 Monaten		Mittel aus 6 Monaten	
	Barometer	Veränderung	Barometer	Veränderung
S.	29ᶻ,631	+ 0ᶻ,023	29ᶻ,334	+ 0ᶻ,052
SSW.	29,509	+ 0,021	29,243	+ 0,079
SW.	29,442	+ 0,012	29,208	+ 0,093
WSW.	29,407	+ 0,006	29,234	+ 0,048
W.	29,394	+ 0,001	29,289	— 0,014
WNW.	29,387	— 0,004	29,345	— 0,041
NW.	29,379	— 0,011	29,391	— 0,043
NNW.	29,368	— 0,016	29,414	— 0,042
N.	29,354	— 0,015	29,452	— 0,045
NNO.	29,375	— 0,016	29,503	— 0,041
NO.	29,541	— 0,028	29,547	— 0,021
ONO.	29,846	— 0,029	29,561	— 0,013
O.	29,967	— 0,015	29,567	— 0,001
OSO.	29,932	— 0,002	29,561	+ 0,002
SO.	29,867	+ 0,010	29,527	+ 0,009
SSO.	29,750	+ 0,020	29,448	+ 0,025

Nördliche Halbkugel.

Wind	Mittel aus 20 Tagen	
	Barometer Werth	Veränderung
S.	337‴,37	—0‴,122
SSW.	337,31	— 0,117
SW.	336,99	— 0,047
WSW.	337,14	+ 0,031
W.	337,26	+ 0,088
WNW.	337,48	+ 0,141
NW.	337,85	+ 0,211
NNW.	338,27	+ 0,210
N.	338,42	+ 0,088
NNO.	338,45	— 0,048
NO.	338,50	— 0,095
ONO.	338,60	— 0,097
O.	338,50	— 0,084
OSO.	338,43	— 0,071
SO.	338,19	— 0,066
SSO.	337,94	— 0,082

Man könnte durch diese Uebersicht veranlafst werden anz
nehmen, dafs das Drehungsgesetz sich auf der südlichen Hal
kugel noch deutlicher herausstelle, als auf der nördlichen, w
allerdings aus der geringeren Menge von Hindernissen erkl
bar seyn dürfte, die den Luftbewegungen dort entgegenste

81) Dove hat nach meiner Ansicht das Drehungsge
des Windes am bestimmtesten aufgefafst und am lichtvol
erläutert in seiner neuesten Abhandlung über die Stü
Wenn man den seit Otto v. Guericke bekannten Zu
menhang der barometrischen Schwankungen mit den herr
den Winden, insbesondere das Zusammenfallen tiefer Ba
terstände mit heftigen Stürmen im Auge behält, so lassen
auf einfache Weise die Wechsel der Luftströmungen aus
Vergleichung gleichzeitiger oder unmittelbar auf einander
gender barometrischer Minima mit den an diesen Orten beo
teten Windrichtungen entnehmen. Betrachtungen dieser
hatte bereits Brandes[2] angestellt, und aus zahlreichen Zu
menstellungen früherer Beobachtungen entnommen, dafs b
gewöhnlich tiefen Barometerständen und darauf folgenden
men die Richtungen der Winde an verschiedenen Orten
blofs ungleich, sondern häufig einander gerade entgegeng
waren. Schon weit früher hob Henry Forth[3] den ihm
fallenden Umstand hervor, dafs bei einem Sturme im
1735 die Windrichtung im südlichen Theile Englands
war, während er selbst zu Darlington bei Durham N
wind beobachtete. Die Wahrnehmungen, dafs während
ger Stürme, namentlich unter niederen Breiten, die Wi
tung sich nicht blofs ändert, sondern häufig die gan
rose durchläuft, ja sogar nach plötzlich eintretender
stille in umgekehrter Drehung durch alle Striche des C
ses herumläuft, dürfen als allgemein bekannt gelten, auch
den in der Folge einige vorzüglich auffallende Beispiele
Art angeführt werden. Später verglich Brandes[4] die

1 Poggendorff's Ann. LII. 1. London and Edinb. Philos. Mag
CXI. p. 367.

2 Beiträge zur Witterungskunde. S. 50. 74. 376 u. a. a. O.

3 Philos. Trans. abridged. T. VIII. p. 78.

4 De repentinis variationibus in pressione atmosphaerae ob
tis. Diss. phys. Lips. 1826. 4.

chiedensten Orten bei dem heftigen Sturme um Weihnach-
1821 beobachteten Barometerstände mit den gleichzeitigen
idrichtungen, und gelangte dadurch zu dem Resultate, dafs
nbekannte Ursachen geben müsse, durch welche die Luft-
e in einer gewissen Richtung vermindert werde, indem
nicht wissen könne, ob sie namentlich bei jenem Sturme
en Küsten des atlantischen Oceans verschwunden sey, oder
Schlünde des Meeres sie aufgenommen; oder Platzregen, er-
t durch die Gewalt der Blitze, ihre Masse vermindert hät-
Zur Erklärung der verschiedenen gleichzeitigen Wind-
ngen an beiden Seiten dieser Linie der tiefsten Barome-
nde, nahm er an, dafs die Luft von allen Seiten her in
hrch unbekannte Ursachen erzeugte, und geradlinig fort-
itende, partielle Vacuum eindringe. Inzwischen pafsten
alle Beobachtungen zu einer solchen auf einen Punct oder
Linie lothrechten Richtung der Luftströmungen, und na-
ich veranlafste der mit grofser Heftigkeit zu Venedig we-
: Wind ihn zu der Vermuthung, dafs dieser durch einen
ieuren Wirbel erzeugt seyn könne, welcher von Marseille
iber Corsica in den heftigen Strom sich ergossen habe.
können diese Hypothese, wonach die umgebenden Luft-
n in perpendiculärer Richtung in den luftverdünnten
, fliefsen, die ältere nennen, die ohnehin auch am näch-
iegt, durch die bei gewaltigen Bränden sich darbietenden
ungen nach einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte eine
itende Stütze erhält (§. 15), und daher auch von allen
kern, wie man wohl behaupten darf, früher angenommen
e.

82) Inzwischen wurde die Aufgabe neuerdings einer sehr
ssenden und tief eindringenden Prüfung unterworfen. Ver-
ung hierzu gaben die verschiedenen Ansichten, welche
tsächlich Espy und Redfield über die Entstehung und
Verhalten der vorzugsweise in den südlichen Staaten Nord-
ica's nicht selten herrschenden *Tornados* hegten. Von
furchtbaren Wirkungen dieser merkwürdigen Winde wird
er (§. 99) die Rede seyn; hier genügt es aber, nur ihren
akter im Allgemeinen und die Art ihrer Bewegung in so
: anzugeben, als dieses Beziehung auf das Gesetz der Dre-
g hat. Espy[1], welcher hartnäckig die ältere Hypothese

1 S. Babinet's Bericht in L'Institut 1841. N. 379. Vergl. Theory of

vertheidigte, wonach die Luft von allen Seiten lothrecht und dem Mittelpuncte der Verdünnung strömt, hegte hierüber folgende Ansichten. Die Tornados haben die gröfste Aehnlichkeit mit den *Wettersäulen*, und sind wohl als eine specielle Art derselben zu betrachten. Wenn man die gleichzeitig folgten Zerstörungen, Umstürzungen der verschiedensten Gegenstände und ihre Fortführung, so wie die Verheerungen des Bodens betrachtet, welche die Hurricane anrichten, so erkennt man bald, dafs die Luft bei diesem Meteore sich von allen Seiten her gegen einen Mittelpunct bewegt, indem der Wind, wenn er von der einen Seite östlich war, an der andern, in weilen nicht sehr weit entfernten, westliche Richtung hatte, in der Mitte aber ein Aufsteigen mit erstaunlicher Geschwindigkeit statt fand, wodurch die Luft zu einer durch das Barometer bestimmbaren unglaublichen Höhe emporgetrieben wurde, wo sie sich dort allseitig ausbreitete. Dieser aufsteigende Luftstrom verliert in einer gewissen Höhe seine Durchsichtigkeit, und bildet eine Wolke, die zur Classe der *cumulus* gehört, von horizontaler Grundfläche und von einer durch die Wärme und Feuchtigkeit der Luft bedingten Höhe. Diese Wolke entsteht durch den aufsteigenden Luftstrom, und giebt gewöhnlich Regen oder Hagel in Folge der Kälte, die in jenen höheren Regionen herrscht, ohne dafs die Elektricität, obgleich sie vorhanden ist, einen wesentlichen Einfluſs hat. Neben diesen den Erscheinungen gemäfs nicht zu bezweifelnden, gegen aufsteigenden Luftstrome im Centrum des Tornados ist die fortschreitende Bewegung des ganzen Meteors nur sehr langsam, wenn man sie mit der unglaublich schnellen im Innern desselben vergleicht. Espy fand weiter, dafs zu Philadelphia, wo die hohen Federwolken (*Cirrus*) eine Richtung nach Osten haben, das Centrum der Tornados sich fast allezeit gleichfalls in dieser Richtung bewegt, eben wie in Europa, wo der Westwind herrschend ist, statt dafs in den tropischen Gegenden, Barbados, Jamaica und dem nördlichen Theile des indischen Meeres, das Meteor sich gen West oder Nordwest bewegt, der Richtung der Passatwinde folgend. In der Mitte der Tornados steht das Barometer nicht selten bis 60 Millimeter (26,6 L

---

rain, hail and snow, water-spouts, land-spouts, variable winds and barometric fluctuations. Philad. 1836. 8.

iger, als an den Grenzen, aufserhalb welcher das Baro-
r bei kleinern Tornados meistens bis höchstens 2 Millim.
Lin.), bei heftigen aber wohl 10 Millim. (4,4 Lin.) höher
. Von den durch das Centrum des Meteors umgestürzten
ien zeigt der erste eine der Bahn desselben vorausgehende,
weite eine ihr nachfolgende Bewegung, über die Spitzen der
t umgedrehten Bäume liegen die der nachfolgenden; die
ge der nicht abgebrochenen Bäume aber, welche in der
des Centrums des Meteors liegen, zeigen die Richtung
Windes, und sind um den Stamm herumgedreht.
Die zur Bildung der Tornados, sowohl der grofsen als
der kleinen, günstigen Bedingungen sind eine feuchte und
Luft über einer hinlänglich ausgedehnten ebenen Fläche,
gehörige Ruhe der Luft, damit die stärker ausgedehnte
bis zu der erforderlichen Höhe über der Mitte des er-
n und mit durchsichtigem Wasserdampfe überladenen Rau-
ufsteigen kann, hauptsächlich aber die Anwesenheit kal-
id trockner Luft in den oberen Regionen, deren Beschaf-
t und namentlich Dichtigkeit, derjenigen des aufsteigen-
tromes entgegengesetzt ist, so dafs letztere sich ausdeh-
sich abkühlen und durch Niederschlagung ihres Dampfge-
ihre Durchsichtigkeit verlieren kann, wobei sie ihr ge-
es specifisches Gewicht in Vergleichung mit der umge-
n Luft beibehält, und durch ihre Ausbreitung die Gestalt
Champignons annehmen kann, während der Niederschlag
ig bis auf den Boden herab statt findet.
hierauf gründet Espy die aus den Thatsachen unmittelbar
gehende Theorie. Sind die angegebenen Bedingungen
den, so entsteht ein aufsteigender Luftstrom, dessen Ge-
ndigkeit nach dynamischen Gesetzen um so mehr wächst,
ter er sich erhebt, eben wie dieses für den Zug in den
ren und den Röhren der Luftheizung gilt. Auf jeden Fall
also diese Säule stets leichter bleiben, selbst wenn ein
rschlag in derselben erfolgt, weil dadurch die Elasticität
tend vermindert wird, wie auch die darüber angestellten
nungen ergeben. Es hängt dann von dem Feuchtigkeits-
de der aufsteigenden Luftsäule ab, wie tief die sich bil-
Centralwolke in den Tornados, die bei den gröfseren
t eine horizontale Fläche hat, herabgeht, was bei den
n, die aber mit erstaunlicher Kraft wirken, allezeit bis zu

geringer Höhe statt findet. Die fortschreitende Bewegung di
ser Meteore könnte allerdings eine Folge der fast ohne Au
nahme stets bewegten Luft seyn; allein da die Tornados in
den beschriebenen Ebenen oft so ausnehmend schnell, und o
bei gänzlicher Windstille, zu entstehn pflegen, so glaubt Es
vielmehr, dafs diese Ursache von einer Bewegung der ob
Luftschichten herrühre, wonach sie dann unter mittleren Br
ten östlich gerichtet seyn mufs, während sie in den Aequ
rialgegenden westlich ist, der Richtung der Passatwinde g
mäfs. In dieser Erklärung liegt auch der Grund, wesw
unmittelbar vor der Entstehung eines Tornados das Ba
etwas zu steigen pflegt, was man sogar als ein Vorzei
seines Entstehens betrachten kann. Eine ähnliche Wirk
erzeugen an einigen Orten, z. B. auf Jamaica, die See- u
Landwinde; indem diese zu bestimmten Tageszeiten Stürm
Regen hervorbringen. Dafs sonstige örtliche Ursachen,
Waldbrände und vulcanische Ausbrüche, auf gleiche W
einen aufsteigenden Luftstrom mit den eben erwähnten n
wendigen Folgen zu erzeugen vermögen, wird niemand
zweifeln; wenn aber Espy behauptet, dafs die aus der H
herabströmende Luft wegen der gleichzeitig statt find
Compression niemals kalt seyn könne, so streitet dieses g
zählose Erfahrungen.

83) Gegen diese Theorie, zu deren Aufstellung Espy h
sächlich durch die Lage und Richtung der beim heftigen St
me zu New-Brunswick am 19. Juni 1835 umgestürzten
me veranlafst wurde, erklärte sich vorzugsweise Redfi
mehreren, die ihm wiederholt gemachten Einwürfe be
tenden Abhandlungen[1]. Nach seiner Ansicht sind die
Küsten der americanischen Staaten häufigen Stürme wahr

1 Mir sind von diesen blofs die in Silliman's Journale enthal
bekannt, ich theile aber auch die übrigen in Dove's Abhandlung a
gebenen mit: Remarks on the prevailing storms of the Atlantic c
Sillim. T. XX. N. 1. Hurricane of August 1831. (To the editor
Journal of Commerce). Observations on the Hurricanes and St
In Blunts American Coast-Pilot 12 edit. The Gales and Hurric
in Silliman's Journ. T. XXXI. N. 1. Meteorological Sketches. Ebe
T. XXXIII. N. 1. Remarks on Mr. Espy's theory in Journ. of
Franklin Institute. On the courses of Hurricanes, in Silliman's J
T. XXXV. Nov. The law of Storms, in New-York Observer v
Jan. 18. Vergl. Edinburgh New Philos. Journ. N. LVI. p. 361.

rinde, und die Windrichtungen bilden Tangenten an die ise, worin die Luft sich bewegt.. Eine wichtige Unter- tung dieser Meinung wurde ihm durch die gehaltreichen rsuchungen geboten, welche Colonel Reid[1], Gouverneur Bermudas-Inseln, unabhängig von Redfield's eigenen chungen über die Stürme der tropischen Zone und der an- nenden Gegenden angestellt hat. Beide kommen darin über- daſs die Winde und namentlich die Stürme fortschreiten, i in sich eine wirbelnde Bewegung der Luft einschlieſsen, ich also die Windrichtungen Tangenten an die hierdurch chenden Kreise bilden. Die gesammelten Erfahrungen bei- verbreiten sehr viel Licht über die wesentliche Beschaffen- der Stürme unter mittleren Breiten, namentlich so fern sie mit den in der äquatorischen Zone und an deren Grenze chenden in Zusammenhang bringen. Hiernach behalten die r nördlichen tropischen Zone gebildeten Stürme ihre ur- igliche, im Ganzen von SO. nach NW. gehende, Richtung so lange sie jene Zone nicht verlassen, beim Austritt aus lben biegen sie sich aber stark in einer gekrümmten Linie, als sie in der gemäſsigten Zone eine Richtung von SW. NO. annehmen[2]. Diesem gemäſs müssen die ähnlichen ie auf der südlichen Halbkugel, wenn sie anfänglich eine ung von NO. nach SW. haben, beim Uebergange in die ſsigte Zone eine Richtung von NW. nach SO. annehmen. Die Hauptsachen, die man über diese Winde zu wissen ng ist, ihr erster Ursprung, ihr Fortschreiten und die , welche sie hierbei inne halten, die Geschwindigkeit ihrer gung, die Gröſse der Verheerungen, die sie anzurichten ſsgen u. s. w. werden deutlich erläutert durch die Be- ibung von eilf Stürmen, die Reid nach den genauesten sie eingezogenen Erkundigungen gegeben und durch Zeich- auf einer ausnehmend schönen Charte versinnlicht hat. auf der letzteren das Wissenswürdigste über diese von bis N. XI verzeichneten Stürme angegeben und sehr ıaulich dargestellt ist, so wird es genügen, die Charte in

[1] An attempt to develop the law of storms by means of facts cet. ated by charts and wood cuts. Lond. 1838. 8. second ed. 1841.

[2] Redfield läſst nicht unbemerkt, daſs Capper schon im Jahre 1801 ſsatz von der Umbiegung der Hurricane aufgestellt habe. S. Edin- New Phil. Journ. N. L. p. 342.

Tab. XXV. verkleinertem Maſsstabe mitzutheilen und hierauf zu verweise
was weiter in Beziehung auf die Stürme zu wissen von Wi
tigkeit ist, wird später gelegentlich erwähnt werden. Zu
merken ist nur noch im Allgemeinen, daſs drei dieser Stü
so weit sie bekannt wurden, ihre gerade Richtung beibehie
die N. I, V, XI, der letztere vielleicht deswegen, weil er
da beobachtet wurde, wo er bereits die unter jenen Breiten
wöhnliche südwestliche Richtung angenommen hatte.

84) Die hier erörterten Thatsachen dienten ausdrü
dazu, dasjenige, was Dove früher über das allgemeine Dre
gesetz der Winde aufgestellt hatte, weiter zu begründen
zu vervollständigen. Um zu zeigen, daſs die Wirbelbewe
der Luft bei Stürmen auf gleiche Weise, als unter niedri
Breiten, auch unter mittleren und höheren statt finde, w
er den Sturm um Weihnachten 1821, über welchen s
Brandes reichliche Materialien gesammelt hatte. Nach
Vergleichung der Barometerstände und Windrichtungen a
funfzig Orten in Italien, Frankreich, England und Deu
land während der Dauer dieses Sturmes erstreckte sich
Linie der tiefsten Barometerstände von SW. nach NO.,
von Brest bis Cap Lindenaes an der Südwestspitze Norwe
die Windrichtungen an beiden Seiten dieser Linie der a
metrischen Minima, in welcher also nach Dove's Theori
südwestliche, oder, wie man sie in Beziehung auf die allge
normale Luftbewegung nennen kann, die südliche Strö
fortrückte, zeigten aber deutlich verschiedene weit ausge
Wirbel mit einzelnen kleinen partiellen Ablenkungen, d
Ursachen sich aus örtlichen Bedingungen sehr genügend
leiten lassen, wie dieses alles aus der graphischen Dar
Fig. 202. auf einer beigefügten Charte sehr lichtvoll hervorgeht.
Entstehung der Wirbelbewegung erklärt Dove auf fol
Weise. Bezeichnet a b eine Reihe materieller Puncte, wel
dem Aequator (auf der Nordseite) parallel durch irgend ei
Impuls in der Richtung a c nach Nord hin bewegt werden,
würden dieselben, weil sie von gröſseren Parallelkreisen
kleinere, also aus einer Zone mit schnellerer Rotation in
mit langsamerer, übergehn, sich nach g h hin bewegen, vera

1 Ein Auszug aus Reid's Werke und die Charte im verkleine
Maſsstabe findet man in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLVIII. p.

ıt, dafs dbh ein leerer Raum wäre. Befindet sich aber in
m Raume unbewegte Luft, so werden die Theilchen in b
ihrer Bewegung nach d im Raume dbh stets mit Luft-
chen von geringerer Rotationsgeschwindigkeit in Berührung
nen und es mufs also ihre Bewegung nach Ost hin ver-
lert werden. Daher wird der Punct b statt nach h viel-
nach f hin gelangen. Die Theile in a dagegen haben
ı sich nach b hin Theile ursprünglich gleicher Rotations-
ıwindigkeit, sie bewegen sich wie im leeren Raume, also
g hin. Ist demnach ab eine von S. nach N. sich be-
ade Luftmasse, so wird die Richtung dieses Windes auf
ltseite weit mehr eine südliche, auf der Westseite mehr
westliche seyn und dadurch eine Tendenz zu einem Wir-
n Sinne S., O., N., W. entstehn. Die Wirbelbewegung
ı überhaupt nicht eintreten, wenn im Raume dbh kein
rstand leistendes Mittel vorhanden wäre, und sie wird
men, je mehr die westliche Ablenkung der bewegten Luft-
n Hindernisse findet. In der Passatzone ist der Raum
mit Luft angefüllt, welche von NO. nach SW. fliefst,
Widerstand ist hier am gröfsten und die Luft in b kann
ı ihrer Tendenz nach W. so gehemmt werden, dafs sie
ichtung nach d unverändert beibehält, während a nach g

Der Sturm wirbelt daher hier am stärksten, geht aber
ıveränderter Breite geradlinig fort. Gelangt er in die ge-
;te Zone, so findet sich im Raume dbh Luft, welche sich
SW. nach NO. bewegt; der Widerstand, welchen die
hen in b früher fanden, wird dadurch bedeutend ge-
rt oder ganz aufgehoben, und die Richtung bd verändert
chnell in die Richtung bh, der Sturm biegt sich also
ich, während er an Breite schnell zunimmt, da der bisher
hen der Bewegung der Puncte in a und der Puncte in b
adene Unterschied aufhört. Auf welche Weise jenseit des
ıtors die entgegengesetzte Bewegung statt finden müsse, ist
er Zeichnung von selbst ersichtlich. Fig. 203.

35) Die erwähnten, wegen ihrer furchtbaren Wirkungen
nein bekannten, westindischen Orkane entstehn an der
n Grenze der Passate, da, wo in der Gegend der Wind-
ı die Luft aufsteigt und über dem unteren Passate abfliefst;
ıcheinlich sind es also Massen dieses oberen Stromes,
ıe in den unteren eindringend die erste Veranlassung zu

diesen Stürmen geben. Die hohen Gebirge der Inseln in jen
Gegend mögen wohl einen Grund zu solchen, die wirbel
Bewegung solcher Orkane bedingenden, Hemmungen ab
da die Luft zwischen zwei Höhen mit doppelter Geschwindi
hindurchströmt. Warum die Stürme anfänglich von SO. nach N
fortschreiten, könnte darin seinen Grund haben, dafs der Th
nach diese Richtung der Entstehung der Wirbel am günstigst
weil im entgegengesetzten Falle bei einer ursprünglichen Rich
von SW. nach NO. der überall gleichmäfsig entgegenströ
NO.-Passat keine Wirbel veranlassen, sondern nur die Bew
hindern würde. Dafs auch an andern Orten durch ähnlich
sachen den westindischen Orkanen gleichende Wirbel ent
zeigt Dove durch eine genaue, vermittelst graphischer Dar
erläuterte Beschreibung des Sturmes, welcher nach Pidd
ton's[1] gesammelten Beobachtungen vom 3. bis 5. Juni
in der Bai von Bengalen wüthete, dessen Richtung üb
die entgegengesetzte war, als die der sämmtlichen, auf der
getheilten Charte gezeichneten westindischen, nämlich a
lich eine südwestliche, die sich nach ihrer Umbiegung mit
in der Mitte liegenden gewaltsamen Wirbeln in eine südö
verwandelte. Aus solchen Wirbeln bestehn dann ohne Z
auch die *Typhone* im indischen Meere, über welche H
burgh[2] bemerkt, dafs sie an China's Südküste vom Ju
September nahe an der Küste eine Drehung der Win
von NW. durch N., NO., O., SO., S. erzeugen, we
von entfernt dagegen eine von N., NW, W., SW., S.,
nach Dove Wirbelstürme bezeichnet, die im Sinne S.
W. sich drehend von O. nach W. an der Küste vorbe
die von der nördlichen Hälfte des Wirbels getroffen wird,
rend die entfernten Gegenden in seiner südlichen liegen.

86) An diese Voraussetzungen knüpft Dove noch
Folgerungen, die in Beziehung auf das Verhalten der O
interessant und wichtig sind. Wenn der rotirende Cy
aus dem unteren Passate in den oberen gelangt, wo eine
westliche Richtung der Luftströmung bereits vorherrscht,
wird sich dieser Theil des Wirbels erweitern und nach
anderen Richtung fortschreiten, als der untere. Dadurch

1 Researches on the gale and hurricane oct. In Journ. of
Asiatic Soc. of Bengal. N. 91. p. 550. N. 92. p. 631.

2 India Directory. T. II. p. 233.

ein Saugen in der Mitte des Wirbels nebst einer Ver-
rung des Druckes auf den Boden, indem sich der Wirbel
ch nach oben trichterförmig erweitert und dadurch ein
igen der unteren Luftmassen veranlafst. Dieses Saugen
r nicht die Ursache des Sturmes, wie sich aus dem von
. 1837 zu St. Thomas und Portorico beobachteten ergiebt,
voraus zu bemerken ist, dafs am ersteren Orte am 1. Aug. das
eter 337 Lin. zeigte. Die folgende Tabelle enthält die an
Orten beobachteten Barometerstände und Windrichtungen.

St. Thomas				Portorico			
eit	Barom.	Wind		Zeit	Barom.	Wind	
10′	335‴	NW.	Sturm				
20	334	N.					
45	334	N.					
45	332	N.					
40	331,5	NO.					
45	330	NO.					
30	328	NW.	Orkan				
35	325,5	NW.					
45	324	NW.					
0	324	NW.					
10	322	NW.					
22	318,5	NW.					
30	317	NW.					
35	316,5		Windstille				
52	316			8h	0′	333‴,28	NNO.
10	316						NNO.
20	316						NNO.
23	320	SSO.					NNO.
33	321	SO.	Orkan				NNO.
38	322	SO.					NNO.
45	323	SO.					NNO.
50	324	SO.					NNO.
0	326	SO.		9	0	332,16	NNO.
10	328	SO.					NNO.
25	329	SO.					NNO.
35	330	SO.					NNO.
50	331	SO.					NNO.
10	332	SO.		10	0	331,03	NNO.
35	333	SO.					NNO.
10	333,2	SO.		11	0	329,90	O.
30	333,5	SO.		12		315,27	O. Orkan
45	335	SO.		15	30	328,43	S.
0	336,5	SW.		16	0	332,16	S.
0	336,8	O.					

Die hierbei, wie so oft bei den heftigsten Orkanen, plötzli
eintretende gänzliche Windstille, die auf das Gemüth e
noch schrecklichern Eindruck machen soll, als der Sturm s
könnte zwar allerdings von entgegengesetzten, einander
stauenden, Winden abgeleitet werden. Dove findet aber
Ursache in der Wirbelbewegung, weil in der Mitte der W
selbst Ruhe seyn mufs, die dann an einem gegebenen O
lange anhält, bis die Mitte desselben fortbewegt ist un
äufseren Kreise eine der früheren entgegengesetzte Ric
herbeiführen. Als entscheidender Beweis hierfür gilt ihm
dem der Umstand, dafs bei geradlinigem Fortgange de
strömung von Portorico nach St. Thomas gerichtet, als
lich seyn mufste, statt dafs sie NNO. war. Für die W
bewegung läfst sich übrigens auch das Argument als ent
dend anführen, dafs zwar bei den Orkanen der Wind
nach eingetretener Ruhe plötzlich in die entgegengesetzt
tung überspringt, nicht selten aber durch den ganzen K
Windrose herumläuft, was mit lothrecht entgegenge
Strömungen ganz unvereinbar ist. Beim Fortschreiten
Wirbel ist noch der Umstand zu berücksichtigen, auf
Redfield aufmerksam gemacht hat, dafs die Erde die
wegung Hindernisse in den Weg legt, weswegen sie
Wirbel umbeugt und oben schneller vorausrückt. Dah
das Barometer schon vor dem Eintreten des Sturms
wird hieraus das oben (§. 50) erwähnte heftige Brausen
bar, welches häufig bei unten herrschender Windstille
oberen Regionen gehört wird, wenn Thauwetter be
und zur Sage vom wilden Jäger Veranlassung gegeben
sind dieses die herbeiströmenden südlichen Luftmas
nothwendig eine wirbelnde Bewegung haben müssen, w
nur hieraus das heftige Brausen erklären läfst. In der
Zone steigen in Folge des Aufsaugens, welches solche
in den oberen Regionen bewirken, heifse und mit Wasse
überladene Luftmassen empor, es entstehn Niederschläge
die Abkühlung derselben und es bildet sich das von den
fahrern so genannte *Ochsenauge*, eine kleine schwarze
die plötzlich am heitern Himmel zum Vorschein kommt
schnell bewegt und vergröfsert, und einen desto hef
Sturm verkündet, je heiterer vorher das Wetter war. Ach

einungen gehn häufig den Tornados an Africa's West-
n voraus (§. 104).

57) Ueber die Veränderungen dieser Wirbelstürme bei ihrer
eitung in die gemäfsigten Zonen hat Dove einige sehr
ssante Thatsachen zusammengestellt. Vor allen Dingen
n sie bei ihrem Fortgange stets mehr an Umfang zu-
n, wodurch dann ihre Heftigkeit gemindert wird, indem
ch örtliche Hindernisse sehr mächtige partielle Wirbel
;en. Dieses war der Fall bei dem Sturme um Weih-
n 1821 zu Brest, zu Portsmouth und an einigen Orten
chweiz, während am Südabhange der Alpen, z. B. zu
lig, Genua und Nizza, grofse Ueberschwemmungen durch
krte Regengüsse entstanden. Dringen die Massen der
n und feuchten tropischen Luft in die Gegenden unter
ren und höheren Breiten ein, so sind sie von ungewöhn-
Wärme und reichlichen Regengüssen begleitet, worüber
m der Erwähnung specieller Fälle bedarf, da sich gewifs
Beobachter erinnert, durch unnatürlich warme Luft auf
:vorstehen heftiger Stürme aufmerksam gemacht worden
n. Hiermit zusammenhängend ist dann auch die gangbare
dafs unbeständiges, regnerisches Wetter bevorsteht, wenn
wöhnliche Drehung des Windes durch S., W., NW. sich
entgegengesetzte verwandelt, insbesondere wenn dieses
geschieht und sich oft wiederholt; denn dieses ist ein
n vorhandener, wenn auch nicht gerade heftiger Wirbel.
brigens an verschiedenen Orten entstandene Wirbel ein-
treffen und gegenseitig modificiren können, wie nicht
, dafs auch geradlinig in verschiedenen, mitunter direct
ngesetzten, Richtungen sich bewegende Luftmassen auf
n stofsen können, folgt nicht blofs aus der Natur der
sondern Dove[1] hat dieses auch für einen speciellen
stimmt nachgewiesen.

läfst sich keinen Augenblick verkennen, dafs durch
e in Kürze mitgetheilten reichen Schatz von Thatsachen
mit grofsem Scharfsinn aus ihnen abgeleiteten Folge-
viel Licht über das bisher nicht mit genügender Deut-
erkannte Verhalten der Winde verbreitet ist, und wir
daher wegen der Wichtigkeit der Aufgabe versuchen,

[1] Poggendorff's Ann. XIII. 606.

die Hauptsätze der durch Halley und Hadley ursprüngli begründeten, durch Dove modificirten und verbesserten Theo kurz zusammenzustellen[1].

88) Beschränken wir uns vorläufig auf die nördliche, b weitem am vollständigsten bekannte, Halbkugel, so muſs m den von Halley richtig erkannten Principien ein Hindr der kalten, und daher schwereren, Polarluft zum Aequator statt finden, wobei die Axendrehung der Erde schon an in sofern mitwirkend ist, als sie diese Strömung beſ Die letztere Ursache allein würde in einer so bewe Flüssigkeit, als die Luft ist, einen Andrang von den zum Aequator hin veranlassen, wenn gleich durch die unterbrochene Dauer ein fast unveränderter Zustand des Gl gewichts zwischen den Wirkungen der Schwungkraft u Schwere herbeigeführt werden müſste, welcher indeſs selbst geringe Hindernisse einer Störung unterliegen Sofern aber der Unterschied der Wärme unter dem Aequa unter dem Pole als die wirksamste Ursache dieser allg Strömung gelten muſs, kommen noch zwei bedingende U hinzu, die mir bisher kaum überhaupt beachtet wor seyn scheinen. Zuerst muſs die kältere Luft mit so viel g Energie in die wärmere eindringen, je bedeutender der schied ihrer Temperaturen ist. Wir dürfen zwar wohl denklich die Wärme unter dem Aequator mit Rücksicht Declination der Sonne und partiell wirkende örtliche U als überall gleich betrachten, was dann eine überall gleich Strömung der Polarluft zum Aequator hin zur Folg müſste; ganz anders aber verhält es sich mit der kal insofern wir *zwei Kältepole* haben, wonach also die nicht von einem gemeinschaftlichen Puncte, sondern von ausgeht. Wollte man demnach eine Durchschnitts gleichmäſsig starken Luftbewegung gegen den Aequ ziehen, so würde diese kein den astronomischen Pol u der Kreis, sondern eine die beiden Pole einschlieſsende catenförmige Curve seyn, deren beide Schleifen sich irgend einer Polhöhe, vielleicht in einem gemeinsch

2 Die von Mitchell in Silliman's Amer. Journ. T. XIX. New Phil. Journ. N. XXIII. p. 30 aufgestellte allgemeine Theo Winde stimmt im Wesentlichen hiermit überein.

ncte, vereinigen. Der Einfluſs der beiden Kältepole wird ar gegen die äquatorische Zone hin zunehmend vermindert rden und an der Grenze derselben gänzlich verschwinden, wischen verwandelt sich jene Curve doch sicher nicht in en Kreis, da dieses auch bei den Isothermen[1] selbst nahe m Aequator der Fall nicht ist, und sollte auch die Herabkung der nördlichen Kältepole in gröſsere Nähe des Aequa- auf den NO.-Passat selbst keinen merklichen Einfluſs sern, so wird dieses doch ohne Zweifel in Beziehung auf rückkehrenden SW.-Passat der Fall seyn. Ein zweiter ngender, mit dem ersten genau zusammenhängender, Umd liegt in der normalen Meeresströmung, die im Allgeen im atlantischen Ocean mindestens zum gröſsten Theile namentlich der Westküste Europa's entlang nach Norden gerichtet ist, in der Behringsstraſse aber eine Richtung nach en annimmt. Die Luftströmung wird demnach theils durch Adhäsion an das Wasser, theils durch die ungleiche Temtur, die auf dem Meere, verglichen mit der über dem Lande, cht, bedeutend modificirt.

89) Denken wir uns die von den nördlichern Zonen zum ator hin vorrückenden Luftmassen, so genügen diese aus n kleineren Raume in einen erweiterten gelangenden nicht, den letzteren gänzlich auszufüllen, denn ihre Mengen vern sich wie die Quadrate der Cosinus der Breite. Hierdurch en dieselben, als die ohnehin schwereren, das Bestreben ten, sich in den unteren Regionen auszubreiten und die teren, in der äquatorischen Zone aufsteigenden, über sich ieſsen zu lassen. Inzwischen kann eine hierdurch bedingte - und Zurückströmung wegen der vielen, durch die rauhe berfläche verursachten, Hindernisse nicht statt finden, viel- wird nur der allgemeine Andrang der kälteren Luft der kugel zur tropischen Zone zurückbleiben. Leicht zu ern ist dann die entstehende Wirbelbewegung. Solche Wirentstehn selbst bei dem weit minder flüssigen Wasser, so- es bei seiner Bewegung auf Hindernisse stöſst, wie man entlich bei Brückenpfeilern und sonstigen Gegenständen gert, die seinen Lauf hemmen. Wenn daher die von den n herbeiströmenden Luftmassen so weit vorgerückt sind,

1 Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 500.

dafs sie durch die Rotation der Erde den nordöstlichen und südöstlichen Passat bilden, so ist durch diese, fast einen rechten Winkel bildende, Drehung schon der Grund zu einer Wirbelbewegung gegeben, und ich möchte daher die SW- Passate der subtropischen Zone nicht blofs als das Erzeugnifs der unter der Linie aufgestiegenen und wieder herabsinkenden Luftmassen betrachten, sondern vielmehr zugleich für das Erzeugnifs dieser genannten, schon bestehenden Drehung halten. Hiermit dürfte dann auch die schmale Zone der Windstille zwischen beiden Passaten leicht in Einklang zu bringen sein. Nach der gewöhnlichen Ansicht entsteht dieselbe dadurch, dafs beide Polarströme sich wechselseitig aufstauen, wodurch eine Windstille entstehn soll; allein dieses könnte unmöglich auf einem so breiten Raume von zwei bis drei Graden statt haben und noch weniger mit dem ruhigen Abfliefsen der Luft nach beiden Seiten verträglich seyn; wenn aber die von beiden Erdhälften gegen den Aequator dringenden Luftmassen in Folge der Rotation der Erde in der Zone der Passate bereits eine Drehung angenommen haben und nach Westen ruhig abfliefsen, wie es bei den nur langsam wehenden Passatwinden der Fall ist, dann mufs zwischen diesen beiden Strömen nothwendig Windstille herrschen. Diese kann aber keine beständige sein, vielmehr mufs bei eintretenden Störungen die eine oder andere Polarströmung in diesen Raum eindringen und sofort heftige Wirbel mit Platzregen erzeugen, wodurch die Region der Windstillen in die der heftigsten Orkane verwandelt wird.

90) Was wir beim strömenden Wasser deutlicher wahrnehmen, läfst sich auch auf die Luftbewegungen anwenden, und noch obendrein in einem gröfseren Mafsstabe wegen der unermefslichen Ausdehnung des atmosphärischen Oceans und der gröfseren Beweglichkeit der Luft. Wenn ein Wasserstrom auf Hindernisse stöfst oder wenn entgegengesetzte Ströme auf einander treffen, so entstehn Wirbel, und obendrein desto gröfsere und stärkere, je gröfser die Massen sind und je schneller sie sich bewegen. Die in Wirbeln sich drehenden Wasserfäden strömen rückwärts, ohne die Hauptströmung aufzuheben, und vereinigen sich wieder mit dieser letzteren zusammen und nähern sich dadurch dieser abermals dem die Drehung bewirkenden Hinderniss. Ein diesem sehr ähnliches Verhalten findet nach meiner

h bei der Luft statt. Bei dem allgemeinen Hinströmen der
arluft zum Aequator entsteht durch die Rotation der Erde
e Umdrehung der hiernach bestehenden Richtung, wodurch
Passate ihren Ursprung erhalten, und obgleich hiermit ein
steigen der erhitzten Luft verbunden ist, so sind wir doch
it gezwungen, uns dasselbe als geradlinig vorzustellen, son-
auch dieses erfolgt ohne Zweifel in Wirbeln, indem die
teigende Luft zugleich in die zurückströmende wieder herab-
t. Lassen wir hiernach einmal die zahlreichen partiellen
ngen unberücksichtigt und fassen wir die nothwendig be-
ten Erscheinungen im Ganzen auf, so liegt der Gesammt-
gung der Winde die allgemeine Polarströmung zum Grunde,
welcher die Erzeugung der Passate unmittelbar folgt. Die
h diese eingeleitete Drehung der Winde erzeugt dann den
nten SW.-Passat, welcher sich unmittelbar an der Grenze
Passates auf der nördlichen Halbkugel, insbesondere auf
Meere, zeigt, wo örtliche Hindernisse am wenigsten ihren
fs ausüben, sich daher in der subtropischen Zone findet,
im Winter, der veränderten Declination der Sonne zu
, bis in die tropische hinabreicht, wie man namentlich
en SW.-Winden ersieht, welche im Winter in der Bai
Benin herrschen. In der gemäfsigten Zone breiten sich
erdurch erzeugten Wirbel zunehmend mehr aus, veran-
das allgemeine Drehungsgesetz der Winde von N. durch
, und W., und bedingen die namentlich in Europa vor-
henden Westwinde, die nach Umständen eine etwas nach
r nach N. sich neigende Richtung erhalten.

l) Alles dieses hat Dove mit genügender Vollständigkeit
ich erörtert; es kommt aber noch ein Umstand hinzu, wel-
isher weniger berücksichtigt worden zu seyn scheint. Nach
orhergehenden giebt es auf der nördlichen Halbkugel eine
der im Mittel so zu nennenden Westwinde, die ohne
e Einflüsse südlich an der Grenze der jezeitig wehenden
anfängt; eine weitere Aufgabe ist aber die Bestimmung
ördlichen Grenze. Die in der oben (§. 70) mitgetheilten
aufgezeichneten mittleren Windrichtungen geben hier-
eine genügende Auskunft, denn in Grofsbritannien, an
üsten der Nord- und Ost-See, in Dänemark, Norwegen,
den und Rufsland unterliegen die Winde örtlichen Ein-
, die zum gröfsten Theile in der Nähe des Meeres zu

suchen sind. Blofs Petersburg und Moscau geben eine An-
deutung, dafs der Wind unter höheren Breiten eine mehr nörd-
liche Richtung annimmt. Sehr schätzbar sind daher die
Felix-Harbour durch Ross und die im grönländischen Eismeer
durch Scoresby den Vater und den Sohn (§. 66) angestellt
Beobachtungen, aus denen mir zu folgen scheint, dafs
beiden Kältepolen aus die Luft regelmäfsig dem Aequator
strömt, beim Eintritt in die gemäfsigte Zone aber durch
vorherrschenden Westwind abgelenkt wird. Unregelmä
partielle Winde abgerechnet, deren Wechsel mit der Zu
der Polhöhe zahlreicher wird, wie insbesondere aus den
wähnten Beobachtungen von Hamilton und hauptsächlich
resby hervorgeht, durch die von Ross aber bestätigt
haben wir demnach auf der nördlichen Halbkugel drei Z
mehr oder minder regelmäfsiger, im Ganzen aber als vor
schend sich herausstellender Winde, die des Passates, die
ausgedehnte der Westwinde und die nördlichste der N
winde, wenn wir ihre Bezeichnung nach ihrem allgem
Charakter wählen. Die Grenzen aller dieser drei Zonen
schwer anzugeben, weil sie durch mehrfache Nebenbedin
modificirt und abgeändert werden, die sich nicht mit Sic
feststellen lassen, selbst nicht auf den Oceanen, wo sie
am regelmäfsigsten sind; denn auf dem Lande ist dies
unmöglich. Unter die Hauptbedingungen dieser Grenzen
hören die stets wechselnde Declination der Sonne und
dem die Lage der Kältepole. Als allgemein geltend lä
wohl annehmen, dafs nicht blofs die südliche Grenze de
Passates der nördlichen Halbkugel im Sommer höher
rückt, als im Winter, sondern zugleich auch ihre nö
tiefer herabgeht. Dieses ergiebt sich offenbar daraus, d
oben (§. 67) mitgetheilten vierteljährlichen mittleren W
richtungen, wenn wir Tunis und Madera als zu sehr
bedingt ausnehmen, im Sommer mehr westlich oder mehr
lich werden. Fänden in den hiernach bestehenden allgem
Luftströmungen keine Wirbel statt, so würden wir ohne R
sicht auf die Jahrszeiten im Mittel etwa unter dem 45.
tengrade anhaltend Westwinde haben, welche nach dem W
kreise hin stets mehr zur südlichen, nach dem Polarkreise
mehr zur nördlichen Richtung übergingen; allein die in
diesen Gegenden statt findende wirbelnde Bewegung

utend, dafs man früher nur von veränderlichen Winden gemäfsigten Zone redete, die man für durchaus regellos , und deren Regelmäfsigkeit nur durch Vergleichung mehr- ger Beobachtungen kenntlich hervortrat. Aufserdem aber es der örtlichen und zufälligen Störungen so viele, dafs llgemeine Gesetz an einzelnen Orten, wie z. B. zu Tunis, ra, Fort Columbus u. s. w., gar nicht vorhanden ist, an aber nicht in allen Jahren eine ganz gleiche Windrichtung gt. Diese regelmäfsige Luftströmung hat dann auf die en verschiedenen Orten herrschenden Winde einen ent- denden Einfluſs, den man aus den zahllosen Unregelmäfsig- n erst dann herauszufinden vermag, wenn man die Existenz s allgemeinen Drehungsgesetzes nicht unbeachtet läfst.

Geschwindigkeit und Kraft der Winde.

92) Man betrachtet allgemein die Kraft, welche der Wind i diejenigen Körper ausübt, die er trifft, oder den *Wind-* , als eine Function seiner Geschwindigkeit, und dieses ist gewifs richtig; allein wegen seiner wirbelnden Eigen- t kann die Luftbewegung an einem gegebenen Orte sehr seyn, ohne dafs demnach der Wind mit bedeutender lligkeit fortschreitet. Handelt es sich daher um die Be- ung seiner Geschwindigkeit und die Methoden, diese zu n, so mufs man beides wohl unterscheiden. Schon in en Zeiten suchte man die Geschwindigkeit des Windes st leichter Körper zu messen, die durch ihn fortgeführt n, als namentlich Seifenblasen, Federn und dergleichen; dieses Mittel ist gerade bei heftigen Stürmen nicht an- bar, wobei eine genaue Bestimmung am wünschens- esten seyn würde. Derham[1] wandte dieses Mittel an wollte damit die Geschwindigkeit eines Sturmes nicht r als 78 Fufs in einer Secunde gefunden haben, Cou- [2] dagegen bediente sich gleichfalls leichter Federn und hiermit 150 Fufs in einer Secunde. Der erstere stellte Messungen bei dem starken Sturme im August 1705 an, i Geschwindigkeit 45 engl. Meilen in einer Stunde oder

---

Philos. Trans. N. 313. T. XXIX.

Theorie des machines simples. Par. 1821. p. 302.

66 engl. Fuſs in einer Secunde betragen haben sollte, wewegen er das Maximum der Geſchwindigkeit höchstens zu 50 bis 60 die mittlere dagegen zu 12 bis 15 engl. Meilen annimmt. Indessen weiſs gewiſs jeder aus eigener Beobachtung, daſs Federn, Seifenblasen, die fliegenden Spinnengewebe und ähnliche leichte Körper zwar wohl geeignet sind, um die Geschwindigkeit der wenig bewegten Luft zu messen, allein bei stärkeren Winden und noch mehr bei Stürmen, wobei eine genauere Bestimmung gerade am interessantesten seyn würde, ist die Bewegung in so hohem Grade wirbelnd, bald auf- bald absteigend, bald geradlinig bald gekrümmt, daſs schon hierin eine nur annähernd richtige Messung ganz unmöglich wird, nicht zu gedenken, daſs man solche Versuche nicht gehörig vorbereiten kann. Selbst kleine Luftballons von Goldschlägerhaut eignen sich aus gleichen Gründen hierzu nicht, gröſsere dagegen zeigen die groſse Geschwindigkeit der Winde, selbst wenn sie nicht zu den Stürmen gehören. Bei seinen aëronautischen Versuchen in England legte Garnerin in Gesellschaft mit Locker 9 engl. Meilen in 15 Minuten, und mit Sowerby auf seiner Fahrt von London nach Colchester nach Schätzung 60 Meilen in 45 Minuten zurück[1]. Setzen wir die engl. Meile = 4956 par. Fuſs, so giebt die erste Bestimmung 50, die zweite über 110 Fuſs in 1 Secunde, und wollen auch annehmen, daſs diese Messungen nicht genau sind, so muſs hiernach doch die Geschwindigkeit der Stürme weit gröſser seyn, als man bis dahin annahm, was zum Theil dadurch erklärlich wird, daſs die Messungen nahe über der Erdfläche angestellt wurden, die Luftballons sich aber in höheren Regionen bewegten, wo die Luftströmung minder gehemmt und daher ungleich schneller ist. Letzteres geht auch aus Lunardi's erhaltenen, auf jeden Fall etwas genauen Resultaten hervor[2], welcher bei vollkommener Windstille, während der ganzen Fahrt anhielt, von Edinburg aus 70 Meilen in 1 Stunde, also 96,3 Fuſs in 1 Secunde zurücklegte.

93) Die offen vorliegenden Hindernisse, die Geschwindigkeit des Windes mittelst der angegebenen Weise auch nur annähernd genau zu messen, vermochten Baick[3], die ganze

1 Th. Young's Lectures. T. II. p. 456.
2 Encyclop. metrop. Mixed Sc. T. I. p. 348.
3 Philos. Trans. T. LVI. p. 226.

zu verwerfen, und statt derselben die Bahn des Schat-
m wählen, welchen die bewegten Wolken auf der Erde
reiben. Hierdurch erhielt er das Resultat, dafs ein be-
licher Sturm nahe 60, ein scharfer Wind 21 und ein mä-
10 Meilen in einer Stunde zurücklege, was 86,7, 28,9,
Par. Fufs in 1 Secunde giebt. Die Bewegung des Schat-
ler Wolken auf der Erdoberfläche, die häufig sehr schnell
eht, ist sicher von sehr vielen beobachtet, eigentliche
ngen der Geschwindigkeit aber, und noch obendrein ge-
sind mir nicht bekannt geworden, was wohl in den
n, damit verbundenen Schwierigkeiten gegründet seyn
Denn obgleich wir die Entfernung der Sonne gegen die
der Wolke als unendlich, und daher aufser der Berück-
ung liegend annehmen dürfen, so können doch unmög-
wei Beobachter die für die Messung erforderliche Stand-
estimmen, weil die Bahn des Schattens schon wegen des
lnden Standes der Sonne zu unsicher ist, ein einzelner
hter aber könnte nur kurze Strecken messen, was in
Anwendung auf grofse sehr bedeutende Fehler herbei-
abgerechnet, dafs die Parallaxe bei der Bestimmung des
s des ankommenden und nach festgesetzter Zeit fortge-
i Schattens, wie nicht minder das eigene Fortschreiten
nne und der Halbschatten bei nicht scharf begrenzten
n der Wolken, jeder genauen Messung unübersteigliche
isse in den Weg legen. Aufserdem wendet Barlow[1]
diese Methode ein, dafs nach Hutton die Wolken zwi-
zwei entgegengesetzten, sich treffenden und in Folge
ngleichen Temperatur einen Niederschlag bewirkenden
5men entstehn sollen, mithin die Geschwindigkeit dieser
ngen nicht theilen, ja sogar bei stark bewegter Luft
n können. Ist gleich dieser Einwurf nicht absolut gül-
o läfst sich doch sein Gewicht nicht ganz verkennen,
uch nur insofern, als allerdings die Wolken sich häufig
sern und verkleinern, und sich auf jeden Fall in einer
n Schicht bewegen, von welcher sich nicht auf eine un-
ne Weiteres schliefsen läfst.

Wäre die Luftbewegung bei den Winden, und na-
:h bei den Stürmen, keine wirbelnde, vielmehr eine

---

[1] Encyclopaedia metropolitana. Art. *Pneumatics.* T. I. p. 348.

geradlinigfortschreitende, so würde es leicht seyn, aus der
gleichen Zeit ihrer Ankunft an weit entlegenen Orten, die
der Linie ihrer Richtung liegen, ihre mittlere Geschwindig
zu messen; so aber kann das Fortschreiten des Wirbels
langsam, die Bewegung der Luft aber, die ihn bildet,
schnell seyn, wovon namentlich die Wettersäulen sehr ü
zeugende Beweise liefern. Inzwischen bringt es uns der
suchten Bestimmung mindestens etwas näher, und aufs
ist es an sich interessant, die Geschwindigkeit des Fort
tens dieser Wirbel zu kennen, weswegen es zweckmäfs
wird, einige Beispiele anzuführen. Am 7ten Febru
kam nach der Angabe von Brandes[1] eine Gewitterwolke
sich um 5 Uhr 30 Min. in Hamburg befand, um 8 U
Neubrandenburg, und um 11 Uhr 30 Min. nach Strel
Schlesien, legte also die ersten 30 Meilen in 2,5 Stunden
letzten 50 in 3,5 Stunden zurück, also 12 bis 14 Mei
1 Stunde, was 70 bis 90 Fufs in 1 Secunde beträgt.
ist diese Berechnung trüglich, denn es war um 8 Uhr 45
auch ein Gewitter zu Königsberg in der Neumark, wa
in der angegebenen geraden Richtung liegt, und die
mufste sich daher entweder sehr ausbreiten, oder es w
ein anderes besonderes Gewitter. Der Sturm in der
vom 11ten zum 12ten März 1783 soll nach Toaldo's
achtung die Strecke von Venedig nach Neapel, 276 ital.
len, in 3 Stunden durchlaufen haben, was eine Geschw
keit von 140 Fufs in 1 Secunde giebt. Es ergiebt sich
aus allerdings ein schnelles Fortrücken der Luft bei S
allein die Kraft des Windes läfst sich hieraus nicht
cherheit entnehmen, weil auf die bekannte absatzweise
und geringere Geschwindigkeit der Luft so wenig, als
wirbelnde Bewegung Rücksicht genommen ist. Dies
evident aus dem Fortschreiten einiger westindischer Stü
Derjenige von diesen, welcher am 10ten August 1831
dos verwüstete, und am 17ten zu Neu-Orleans ankam.
2000 Seemeilen in 150, also 13,5 in 1 Stunde zurück,
seine Geschwindigkeit betrug daher nur 21,5 Fufs in
Der Sturm am 17ten Aug. 1827 durchlief in 11 Tag

1 Beiträge zur Witterungskunde. S. 385.
2 Dove in Poggendorff's Ann. LII. 17.

Seemeilen, hatte also, diese zu 5710 Fuſs gerechnet, nur eschwindigkeit von etwas über 18 Fuſs in 1 Sec. Un- schneller war die Bewegung des Sturmes, welcher am t. 1804 bei Guadaloupe entstand, und 15,5 Seemeilen ıtunde, also 24,6 Fuſs in 1 Sec. zurücklegte, und noch ler vom 1sten Sept. 1821 auf den Turks-Inseln, wel- 0 Seemeilen in 1 Stunde, also 47,5 Fuſs in 1 Secunde ief.

1) Da die hier aus sicheren Beobachtungen in bedeutend Zeiten berechneten Geschwindigkeiten erweislich sehr inter der unzweifelhaft gröſseren Geschwindigkeit der n den durch Sturmwinde verheerten Orten zurückblei- o läſst sich hieraus schlieſsen, daſs auch die bei ande- ürmen auf gleiche Weise gefundenen die Wirklichkeit rreichen. Würde der Wind ohne weitere Modification it durch eine Verdünnung der Luft und das geradlinige ſsen anderer Luftmassen in diesen Raum erzeugt, so lieſse e Geschwindigkeit dieser Strömung aus dem jedesmaligen terstande nach den im ersten Abschnitte oben gegebenen n berechnen, allein die bisherigen Betrachtungen ergeben nd, daſs die Bewegung der Winde vielmehr eine wir- ist, in der Mitte dieser meistens zugleich aufsteigenden daher leicht eine langsame Bewegung der Luft, mit Barometerstande verbunden, statt finden kann, während eren Orten die einmal in Bewegung gesetzte Luft ver- der Fortdauer dieser Bewegung in Folge der Trägheit ıengedrückt wird, und einen höheren Barometerstand er- Das Barometer giebt daher nur allgemeine Vorzeichen ehender Stürme, deren Heftigkeit im Ganzen der Gröſse Schwankungen proportional zu seyn pflegt, keineswegs es aber als Meſswerkzeug ihrer Geschwindigkeit dienen; ır zeigen zahlreiche Erfahrungen, daſs unmittelbar vor ıſs während eines verstärkten Windstoſses das Quecksil- h wohl eine Linie und darüber zu erheben pflegt. Das te Mittel, die Geschwindigkeit der Windbewegung zu , dürfte daher in der mechanischen Kraft derselben ge- seyn, doch stehn den genauen Bestimmungen, die sich entnehmen lassen, nicht unbedeutende Schwierigkeiten en. Dahin gehört vorzüglich die stoſsweise mit bedeu- rechselnder Stärke statt findende Bewegung, wodurch die

ohnehin bei Stürmen nicht leichte Beobachtung der App
ausnehmend erschwert wird. Hierzu kommt aufserdem
der Einflufs, welchen die Gröfse der Flächen, gegen w
der Wind stöfst, auf die hierdurch erzeugte Kraft ausübt,
wir weiter unten sehn werden. Ein sehr geeignetes Wi
zeug, um die mittlere Geschwindigkeit des Windes zu me
scheint mir Woltmann's *hydrometrischer Flügel*[1] unter
höriger Modification, und Lind's Windmesser zu seyn, w
unten die Rede seyn wird[2].

95) Dürfen gleich die bis jetzt bekannt gewordenen
stimmungen der Geschwindigkeiten des Windes auf kein
hen Grad von Genauigkeit Anspruch machen, so wollen
doch die wichtigsten unter ihnen hier mittheilen. Bra
schliefst aus eigenen Beobachtungen, die er an zwei, i
Richtung eines sich erhebenden Windes, von einander e
liegenden Windmühlen machte, dafs ein nur mäfsig ge
Wind dennoch 12 und, mit Rücksicht auf den Wider
vor ihm her getriebenen Luft, wohl 16 Fufs in 1 S
durchläuft. Hiermit übereinstimmend findet er die
von Woltmann's Jahre lang täglich fortgesetzten Beob
gen, wonach die heftigsten Stürme in unsern Gegenden
gröfsere mittlere Geschwindigkeit, als 70 bis 80 Fufs
sollen, während die einzelnen Stöfse jedoch erheblich sc
seyn mögen. Die Angaben, wonach den südlichern S
150 Fufs beigelegt werden, findet er nicht übertrieben,
aber die von Rochan, welcher diese Gröfse im Maxim
600 Fufs setzt[4]. Offenbar zu klein ist die Angabe.
Mariotte[5] die Geschwindigkeit eines heftigen Stu
nicht mehr als 32 Fufs in 1 Sec. setzt; näher schon
die Bestimmung von Derham[6], welcher aus seinen Me

1 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels. H
1790. 4. Vergl. Art. *Strom.* Bd. VIII. S. 1187.

2 Vergl. Art. *Windmesser.*

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 384.

4 Diese Bestimmung beruht auf der Schätzung des heftigen
mes, welchen er 1771 auf Isle de France erlebte, wobei das
ter 25 Lin. fiel. Uebrigens bestimmt er die Geschwindigkeit Je
me zu 152 Fufs. S. Voyage à Madagascar. Par. 1791.

5 Musschenbroek Introd. T. II. §. 2615.

6 Philos. Trans. N. 114 u. 313.

d 81 engl. Fufs fand; doch war die Heftigkeit des Stur- › grofs, dafs er eine steinerne Säule von 12 Fufs Höhe, Breite und 2 F. Dicke abbrach. Für den heftigen Sturm, m KRAFT[1] zu Petersburg im Jahre 1741 beobachtete, mte er die Geschwindigkeit zu 109,7 uud ein anderes 1 123 Fufs. Am meisten bekannt sind die Bestimmun- welche JOHN SMEATON[2] von einem gewissen ROUSE er- und in der nachfolgenden Tabelle zusammenstellte, worin schwindigkeit in engl. Fufs für 1 Secunde und die Kraft einen engl. Quadratfufs Fläche in Pfunden Avoir-du- Gewicht angegeben sind.

Benennung der Winde[3]	Geschwindigkeit	Kraft
wahrnehmbar	1,47 Fufs	0,005 Pfund
ahrnehmbar (*erceptible*)	2,93 —	0,020 —
	4,44 —	0,044 —
hmer Wind (*pleasant wind*)	5,87 —	0,079 —
	7,33 —	0,123 —
hm lebhafter Wind (*nt prisk gale*) . . .	14,67 —	0,492 —
	22,00 —	1,107 —
hafter Wind (*risk*)	29,34 —	1,968 —
	36,67 —	3,075 —
Wind (*Wind*)	44,01 —	4,429 —
	51,34 —	6,027 —
ker Wind (*igh wind*)	58,68 —	7,873 —
	66,01 —	9,963 —
. . . . .	73,35 —	12,300 —
Sturm	88,02 —	17,715
. . . . .	117,36 —	31,490
Hurrican	146,70 —	49,200

weit mehr Sicherheit, als die bisher angegebenen Mit- ihren, liefse sich die Geschwindigkeit des Windes aus

---

omment. Petrop. T. XIII. p. 380.
hilos. Trans. 1759. p. 165.
ie englischen Seefahrer bezeichnen die Winde nach ihrer zu- n Geschwindigkeit durch folgende Namen: *Calm*; *inclinable to ght air*; *gentle breeze*; *moderate breeze*; *brisk breeze*; *fresh rong breeze*; *briskgale*; *fresh gale*; *strong gale*; *hard gale*; *very* ; *excessiv hard gale*; *hurricane*. SCORESBY nennt mit Recht eichnungen keineswegs genau. S. Account of the arctic Re- l. p. 396.

Guadeloupe verheerte. Genaue Beobachtungen der meteorol
gischen Instrumente zu Brüssel bei dem heftigen Sturm
Belgien am 29sten Nov. 1836, welcher sich bis an die K
der Nordsee erstreckte, bestätigen den oben ausgesproch
Satz, dafs die Geschwindigkeit der Luftströmung gröfse
als sie nach dem blofsen Unterschiede der Quecksilberhöhe
könnte, denn das auf 0° C. reducirte Barometer sank vo
um 9 Uhr Abends, bis zum 29sten um 3 Uhr Nach
nur von 747,33 bis 738,46, also um 8,87 Millimeter, w
nach der im ersten Abschnitt mitgetheilten Formel nur
Fufs Geschwindigkeit in 1 Secunde geben würde. D
sind die heftigen Stürme in diesen Gegenden stets von
wöhnlicher Wärme begleitet, ja man darf die letztern w
sicheres Vorzeichen der ersteren betrachten, und wirklich
auch das Thermometer zur Zeit der gröfsten Heftigkeit
C. In den meisten Fällen geht indefs Windstille und
wöhnlich warme, feuchte Luft den Stürmen in diesen
den voraus. Merkwürdig ist aber, dafs die Stürme
Küsten der Nordsee vorzugsweise dem Monat November
hören[1]." So herrschte aufser dem erwähnten dort ein
am 26sten Nov. 1282, welcher den See Flivo mit dem
vereinigte und den Zuidersee bildete, am 19ten Nov.
welcher 72 Dörfer verheerte und gegen 100000 Mensch
Lebens beraubte, am 5ten Nov. 1430, welcher Holland
che zerstörte, am 22sten Nov. 1686, wobei 25 D
mehr als 10000 Menschen vom Meere bedeckt wurde
11ten Nov. 1775, welcher grofsen Schaden, namentlich
Niederlanden, anrichtete, und am 9ten Nov. 1800,
Orkan sich über einen grofsen Theil des nordwestlich
ropa's erstreckte. Letzteren, und die ihm vorausgehend
türliche Wärme beobachtete ich selbst zu Hannover,
stärksten Lindenbäume zerbrochen, auf dem Harze aber
Tannen ausgerissen wurden. Im Main zwischen Frankf
Mainz gingen mehrere Schiffe unter, Flanderns Küste
Ostende und Dünkirchen war mit Trümmern und Leich
deckt, zu Dünkirchen berechnete man den angerichteten
den auf 100000, zu Calais auf 200000 Franken, zu Gra
aber kamen viele Menschen in der Kirche um, weil de
auf dieselbe herabfiel.

1 S. Précurseur d'Anvers. 1836. Nov.

Einen heftigen Sturm, welcher am 7ten Jan. 1839 die end von Dumfries an der Seeküste Schottlands verheerte, hreibt GARDEN[1] zunächst nach den Beschädigungen, wel- er an einem abgesondert liegenden Hause anrichtete. Der- ,begann mit einzelnen Windstöfsen, welche mit Wind- n abwechselten, aus OSO, drehete sich im weiteren Ver- durch O., S., W. und hörte in NW. auf. Das Baro- sank während desselben um 1,5 engl. Z., und als er seine te Stärke noch nicht erreicht hatte, wurde seine Ge- indigkeit auf 40 engl. Meilen in der Stunde, also 55 Par. in 1 Secunde, geschätzt. Nachdem er in der Nacht vom zum 7ten Januar etwas nachgelassen, dann sich durch S. W. gedreht hatte, fing er mit erneuerter Wuth wieder ob unter andern eine Masse Blei, zwei Tonnen schwer, die Platform des Hauses gedeckt war, ab, und führte rch die Luft fort; sogar die steinernen Platten, womit che getäfelt war, bebten, und einige ausgerissene Bäume mit ihren Wurzeln eine Masse des Thonbodens von zwei i Tonnen Gewicht in die Höhe gehoben.

n den stärksten Sturmwinden gehören diejenigen, welche südlichen Frankreich herrschende Mistral (§. 40 u. 48) elten auf dem Lande, und in seiner Fortsetzung auf ittelländischen Meere bis nach Algier hin erzeugt. Nach ET[2] durchläuft derselbe 20 Meter in 1 Sec.; der im 1779 tobende übte einen Druck von 3 Kilogramm gegen äche von 1 Quadratfufs Inhalt aus (was nach der Ta- 95 ungefähr zu 66 engl. F. Geschwindigkeit gehört), re 1767 und 1780 war er noch heftiger, am gewaltsam- er am 30sten Oct. 1782, dem stärksten, welcher bis obachtet wurde, denn nach LAMANON leistete er einen von mehr als 6 Kilogramm gegen eine gleich grofse und würde alles zerstört haben, wenn er bei dieser nur einige Minuten lang gedauert hätte. Hiernach darf

---

[1] Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. XC. p. 360. Eine Beschrei- r verheerenden Stürme, welche im Jahre 1838 Grofsbritannien findet man in Edinburgh New Philos. Journal. N. LIII.

[2] Recherches sur la distribution des Vents dominants en France

man sich nicht wundern, wenn erzählt wird, dafs er beh
Wagen umgestürzt und Reiter von ihren Pferden gew
habe. De Saussure sah mit Verwunderung, dafs die Sc
ben im zweiten Stock des Schlosses zu Grignan durch l
steine, welche diese Stürme von einer benachbarten Te
aufzuheben und gegen sie zu schleudern pflegten, wiede
zerschlagen wurden, bis man es aufgab, sie wieder hers
zu lassen.

97) An Norwegens Küsten toben die schrecklichsten S
me in bedeutender Menge, wozu wohl ohne Zweifel de
Unterschied der Temperatur des Meeres und des Lande
mentlich im Winter, viel beiträgt, jedoch sind sie dem
ger verheerend, weil die hohen und steilen Küsten g
Ueberschwemmungen, als an den flachen der Niederlande
gestatten. Sie zeichnen sich gleichfalls durch bedeutende
me aus, und da ihre Richtung stets nordwestlich ist, s
man hieraus schliefsen, dafs sie durch die äufsersten G
des Südwestpassats, den die von Norden her strömende
luft zurückdrängt (§. 91), erzeugt werden. Nach den
stimmenden Zeugnissen von L. v. Buch[1] und Bedem
ben sie an den Küsten von Finmarken und namen
Kielvig mit solcher Wuth, dafs kein Licht und kein
brennend zu erhalten ist, und die Häuser kaum dage
halten würden, wenn sie nicht sehr tief, fast in de
ständen, und zugleich drei Ellen dicke Mauern hätten. In
doehous darf sich während ihrer Dauer niemand ins F
gen, um nicht in Gefahr zu gerathen, in den nahen
schleudert zu werden. Das Wasser des Meeres wird
zu einer Wolke, in einen Nebel, zerstiebt, welcher d
einhüllt, und einst warf ein solcher Sturm ein mit
schweren Steinen beschwertes Dach gleich einem F
ein tiefer stehendes Haus weg. Ihre Zahl an jener K
so grofs, dafs Herzberg binnen zwölf Jahren deren
im Jahre 1798 allein 33 zählte.

98) In der nördlichen kalten Zone, wo im Winte
merkbare nördliche Luftbewegung statt findet, im Som
die Winde im höchsten Grade veränderlich, einzelne

1 Reisen. Th. II. S. 92.
2 Reisen. Th. I. S. 159. Th. II. S. 115.

sehr häufig, die Richtungen im Ganzen aber nördlich westlich sind, gehören die heftigsten Stürme aus SW. und den nicht ungewöhnlichen Erscheinungen. Cranz[1] er- daſs die Stürme in Grönland Zelte und leichtere Kähne Höhe heben, das Seewasser wie Schneestaub über das hintreiben, und mehrere Pfunde schwere Steine in der fortführen. Diejenigen, welche die Boote in Sicherheit n wollen, müssen auf dem Boden hinkriechen, um nicht ute des Sturmes zu werden. Die heftigsten dieser Or- wehen von Süden, gehn dann nach Nord herum, legen nd es erfolgt heiteres Wetter. Von einem unerhörten e am 6ten Nov. 1809 auf Island erzählt Mackenzie[2], as Seewasser mehrere engl. Meilen weit landeinwärts fort- en, die Kähne in der Bai aber in die Luft gehoben und mmert wurden. Derselbe kam übrigens von Norden, und 4 Stunden an.

er heftige Sturm am 12ten März 1783, welcher an den Italiens tobte und einen Centralpunct in der Schweiz haben soll, ist durch Brandes[3] vorzüglich bekannt len, und durch Lampadius[4] der von 1791, welcher in u vorzugsweise wüthete, während in Göttingen SW. Königsberg ganz entgegengesetzt NO.-Wind herrschte. e öffentliche Blätter[5] erzählten von einem ungewöhnlich n Sturme zu Wien, dem gleichfalls eine für die Jahrs- gewöhnliche Wärme vorausging, worauf dann nach g dichter Wolken um 1 Uhr Nachts am 30sten Sept. in eigentlicher Orkan folgte, dessen Hauptrichtung von WNW. überging. Derselbe erschütterte die festesten und machte sie schwanken, und stürzte aufserdem Tau- en Dachziegeln auf die Strafsen herab. Zwischen 3 bis war die Wirkung am stärksten und ging dann in einen Wind über. Die Kuppel des Augustiner Kirchthurms abgeworfen, und dem Anschein nach in der Luft her- eht, was mit der wirbelnden Bewegung der Luft bei

---

[1] History of Greenland. T. I. p. 47.
[2] Travels in Iceland during the summer 1810.
[3] Beiträge zur Witterungskunde. S. 104.
[4] Atmosphärologie. S. 192.
[5] Nationalzeitung vom 29sten Oct. 1807.

diesen Meteoren sehr gut übereinstimmt. Ein eisernes Zi
blatt am Michaelisthurme war wie ein Stück Papier aufgero
Tausende von Schornsteinen und Feuermauern waren ein
stürzt, viele Dächer abgehoben, zahllose Fenster eingedr
die Gärten verwüstet, die stärksten Bäume abgebrochen o
ausgerissen, namentlich im Prater in solcher Menge, daſs
Holzhändler sie für 25000 Gulden kauften. Derselbe St
verschob zu Zell am Hammersbach in Baden ein neues H
und warf das von Hamburg abgegangene Postschiff mit
Harburg um, so daſs von 70 Menschen 30 umkamen.
Heftigkeit der Stürme scheint tiefer im Innern Europa's
weiter nach Osten hin nicht merklich abzunehmen. Von
Sturme, welcher am 17ten April 1823 zu Groſs-Strel
Schlesien wüthete, wird erzählt[1], daſs er eine Breite von
etwa 200 Schritt einnahm, also einer Landtrombe glich,
auf dieser Strecke alles verwüstete, die sämmtlichen Ziegel
der Kirche herabschleuderte, mehrere Wohnungen und S
nen umwarf, und einen mit eisernen Bändern an einem
befestigten Fensterladen mehrere hundert Schritt durch di
fortführte. Bei Strzello kehrte er das Obere einer Wi
zu unterst, und warf während drei Minuten zu Kru
eine ganz neue Windmühle, fünf Scheunen und zwei
um. Die Windmühle wirbelte, wie eine von Papier, m
glaublicher Schnelligkeit über ein Mädchen weg, die s
schreckt wurde, als sie gleich darauf aus dem Raum
Müllerburschen unversehrt hervorkriechen sah. Die Ba
bungen, welche die Reisenden von den Schneestürmen
Ebenen des südlichen Ruſslands machen, sind in d
Schauder erregend, und sie gleichen wahrscheinlich de
man auch in Kamtschatka beobachtet[2].

99) Ungleich heftiger sind die nicht seltenen Stürme,
che Westindien verheeren, dann sich umbiegen, und i
Staaten Nordamerica's zwar geringeren, aber immer noch
baren Schaden anrichten. Diese, von denen bereits oben
die Rede war, heiſsen *Tornados* oder *Trovados* und
Hurricanes[3]; sie haben fast alle den nämlichen Charakte

1 Frankf. Zeit. 1823. N. 133.
2 Vergl. Art. *Schnee*. Bd. VIII. S. 565. Vergl. oben §. 44.
3 Das Wort *Huracan* soll nach Oviedo historia general

licher Wirbelwinde, und sind keineswegs selten, viel-
kann man jedes Jahr ziemlich sicher auf ein solches Me-
chnen, die eigentlich heftigen aber folgen meistens ein-
in Zwischenräumen von wenigen Jahren. Sie beginnen
gemeinen in der tropischen Zone, gehn aber auch bis
otropischen hinauf, sind am verheerendsten auf den An-
treffen aber nach Dauxion-Lavaysse[1] die Inseln Tri-
und Tabago nicht, weil diese durch Berge gegen sie
zt sind. Zu ihnen können wir denjenigen rechnen,
r am 6ten und 7ten Nov. 1826 auf Teneriffa wüthete[2],
gleich mit einem beispiellosen Regengusse verbunden
Selbst im Hafen zertrümmerte der Orkan einige Schiffe,
trieb er auf die hohe See, warf unter andern ein ame-
hes Schiff mit solcher Heftigkeit gegen den Molo, dafs
Stücke zerschellet mit der ganzen Mannschaft versank,
zwei Matrosen, die sich an den Tauen des grofsen Ma-
tgeklammert hatten, und auf diese Weise auf den Molo
ndert wurden, als der Mast beim Stofse in der Mitte
), und sein eines Ende auf den Molo flog. Durch die
einen gemengten Fluthen wurde eine grofse Bastion in
von Ste. Croix nebst ihrem Geschütz und das feste
von Candelaria, welches den Hafen von Oretava ver-
, bis auf die letzte Spur weggerissen. Im Ganzen ka-
2 Menschen und 936 Stück Vieh um, 307 Häuser wur-
z weggerissen und 114 beschädigt. Von sehr eigen-
hen Erscheinungen war der Sturm am 25sten Juli 1825

---

1 Liv. VI. in der Sprache von Haiti einen mit Regen begleite-
n bezeichnen. Nach Iavino Life of Columbus. T. II. p. 305.
lie Indianer sie *Furicans* und *Uricans*. S. Edinb. New Phil.
. IX. p. 186. Der Name *Tornado* aber, wodurch man haupt-
die Stürme im atlantischen Ocean an der Westküste Africa's,
den Antillen bezeichnet, die nach ihrem Umdrehen und Ein-
in die südlichen Staaten Nordamerica's meistens Huricans hei-
ll nach Dr. Boyle eine durch die Portugiesen gemachte Cor-
g des Wortes *Trueno* seyn, was in Sierra Leone einen Sturm
ter bezeichnet. S. Edinb. New Phil. Journ. N. XXV. p. 179.
hen in ihrem Verhalten sehr den Wettersäulen, den Land-
S. Art. *Wettersäule* §. 5.

leise nach d. Inseln Trinidad, Tabago und Margarethe u. s. w.
n Zimmermann. Weim. 1816. S. 58.

Berthollet in Ann. de Chim. T. LVIII. p. 204.

auf Guadaloupe begleitet, von welchem Gay-Lussac[1] m genauen amtlichen Berichten eine Beschreibung mitgetheilt h Viele gut und festgebaute Häuser wurden umgestürzt, Da ziegel mit solcher Gewalt fortgeschleudert, dafs mehrere d selben durch die Thüren in die Magazine drangen, ein ta nes Bret aber, 1 Meter lang, 2,5 Decimeter breit und 23 l limeter dick, wurde mit solcher Gewalt fortgetrieben, da einen 45 Centimeter dicken Palmbaum durchschnitt. Ein gearbeitetes eisernes Gitter vor der Wohnung des Comman ten konnte der Gewalt nicht widerstehn, sondern zerbrach selbst drei 24pfündige Kanonen wurden bis an die Brust des Walles fortgeschoben. Am auffallendsten aber ist di sicheren Zeugnissen beruhende Angabe, dafs der Wind le tend schien, und eine silberfarbene Flamme, welche durch Risse der Mauern und die Oeffnungen der Schlösser drang, Schein gab, als stände der Himmel in Feuer.

100) Etwas Gewöhnliches bei diesen westindischen überhaupt den tropischen Orkanen ist die Eigenthümli dafs der Wind während ihrer Dauer seine Richtung ände meistens den ganzen Kreis des Compasses durchläuft, w gen nach einer Angabe von Flinders[2] die Bewohner der tillen noch einen baldigen zweiten Sturm erwarten, wenn statt gefundene nicht ganz herumgekommen ist, und wi erfolgte auch, dieser Erwartung gemäfs, auf den am 2 Febr. 1806, welcher nur von SW. bis NO. gelangte, na Tagen ein zweiter, welcher von OSO. nach WSW. lief. Eine Drehung, wenn auch eine minder auffallende, übrigens allen Stürmen eigenthümlich zugehörend, un hält diejenigen in der Nordsee für die gefährlichsten, in SW. anfangen und sich nach NW. wenden, was a den Wintergewittern an Norwegens Küsten der Fall zu pflegt[3]. Eine zweite Eigenthümlichkeit, welche Le D erwähnt, dafs diese Stürme nach vorausgegangener grofse und Windstille eiskalt seyn sollen, finde ich durch ande tige Nachrichten nicht bestätigt, und mufs diese Angab

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIII. p. 412.
2 Bibliothek der Reisen. Th. LVI. S. 683.
3 S. XXIX. 179.
4 Dessen Reisen. Uebers. von Zimmermann. Th. I. S. 406.

enem Ausnahmen entnommen oder ganz falsch seyn. Sehr fig aber, wo nicht bei den heftigsten allgemein, tritt während des Orkans, ungefähr in der Mitte seiner Zeitdauer, eine liche Windstille ein, worauf der Wind zur ganz entgegesetzten Richtung übergeht. Dieses eigenthümliche, aus Wirbelbewegung der Orkane leicht erklärliche Verhalten n wir bei den Tornados, deren Fortschreiten auf der oben 3) mitgetheilten Charte gezeichnet ist, und worüber wir ie Beschreibungen besitzen[1]. Dahin gehört der Tornado ugust 1831, welcher am 10ten Nachts zu Barbados anam 11ten auf der Insel St. Vincent und St. Lucia tobte, r sich südlich bis Granada, nördlich bis Martinique erf, seine gröfste Wuth aber zwischen 12° 30′ und 14° ntwickelt haben soll, am 12ten auf der Küste von Porto anlangte, Nachts zum 13ten über St. Domingo mit südli-Ausdehnung bis Jamaica fortschritt, am selben Tage auf stseite von Cuba und am 14ten zu Havanna auf der Westlieser Insel ankam, am 15ten über das Meer fortschritt, iten und 17ten endlich von der Nordküste des mexicani-Meerbusens unter etwa 30° N. B. über Pensecola, Mond Neu-Orleans sich ausdehnte, wo er bis zum 18ten , so dafs er im Ganzen von Barbados bis Neu-Orleans e gebrauchte[2]. Reid theilt die Beschreibung dieses Sturon einem Augenzeugen mit, welcher ihn zu Bridgetown rbados beobachtete[3]. „Nach vorausgegangenem heiteren er begann der Sturm am 10ten August um 9 Uhr Abends näfsigem Nordwinde, und eine halbe Stunde später mit n in NNO. und NW. Windstöfse und Regenschauer von ., durch Windstillen getrennt, folgten dann bis Mitter-bei 28° C. Temperatur, die während der Windstillen 0° C. stieg. Nach Mitternacht wurde das unausgesetzte men der Blitze schrecklich, und der Sturm brauste wü-

---

Die Hurricanes vom 1sten Sept. 1821 und von 22sten Aug. 1830 ibt Redfield in Silliman's Amer. Journ. T. XX. p. 17., und daher ihre Drehung und evident wirbelnde Bewegung nach. ebend. T. XXV. Hft. I. S. 44. Bibl. univ. 1834. Avr. p. 412. rgh New philosoph. Journ. N. XXXV. p. 20.

Sillim. Amer. Journ. T. XXI. p. 192.

Nach der Uebersetzung von Dove in Poggendorff's Annalen.

„thend von N. und NO. Um 1 Uhr Morgens am 11ten wu
„die rasende Wuth des Windes, der Orkan wandte sich pl
„lich von NO. nach NW. und den dazwischen liegenden St
„chen des Compasses. Die oberen Regionen der Atmosph
„waren unterdefs von ununterbrochenen Blitzen erleuchtet; d
„diese lebhaften Blitze wurden an Glanz von den Str
„elektrischen Feuers übertroffen, welche nach allen Richtu
„hin explodirten. Etwas nach 2 Uhr ward das Heulen
„Orkans, der von NNW. und NW. hereinbrach, so ar,
„keine Sprache es zu beschreiben vermag. Lieut. Gl
„Nickle hatte unter einem Fensterbogen des unteren St
„werks Schutz gesucht, und hörte wegen des Sturmes nic
„Einstürzen des Daches und des oberen Stockwerks. U
„Uhr nahm der Wind ab, aber wüthende Stöfse kamen
„wechselnd von SW., W. und W., NW. Einige Augen
„hörten auch die Blitze auf, und eine schreckliche Fin
„hüllte die Stadt ein. Feurige Meteore fielen dann von
„mel, eins besonders von Kugelform und tief rother
„senkrecht aus einer bedeutenden Höhe. Diese Feuerku
„entschieden durch ihre eigene Schwere, nicht getrieben
„eine äufsere Kraft. Als sie sich mit beschleunigter Gesc
„digkeit der Erde näherte, wurde sie blendend weifs, un
„länglichter Gestalt. Als sie in Beckwirth-Square den
„berührte, spritzte sie rings umher wie geschmolzenes
„und erlosch augenblicklich. Ihre Gestalt und Gröfse w
„einer Lampenglocke, und das Umherspritzen beim Au
„gab ihr das Ansehn einer Quecksilberkugel von
„Gröfse[1]. Einige Minuten nach dieser Erscheinung
„dumpfe Geräusch des Windes zu einem majestätische
„murmel herab, und die Blitze, welche seit Mitter
„Zickzack geleuchtet hatten, erschienen nur eine halbe St
„lang mit neuer und erstaunlicher Thätigkeit zwische
„Wolken und der Erde. Die grofse Dunstmasse schi

1 Nicht selten fällt bei starken Gewittern eine feurige
gleich einer Kugel, herab, ohne zu zünden und selbst ohne
Knall, wie dieses namentlich zu Heiligenstadt im Jahre 181
westphäl. Moniteur Nr. 63 von vielen Augenzeugen beobachtet
Der Beschreibung nach glich das Meteor zu Barbados mehr
Feuerkugel mit herabfallenden Meteorsteinen, allein ich bin ge
vielmehr für einen solchen Blitz zu halten.

ier zu berühren und sendete Flammen niederwärts, die all wieder aufwärts von der Erde zurückschlugen. Augenblicklich nachher brach der Orkan von W. wieder herein unbeschreiblicher Gewalt, tausend Trümmer als Geisse vor sich her treibend. Die festesten Gebäude erbebten iren Grundmauern, ja die Erde selbst zitterte, als der örer über sie hinwegschritt. Kein Donner war zu hören, das gräfsliche Geheul des Windes, das Brausen des ns, dessen mächtige Wellen alles zu zerstören drohten, die andern Elemente etwa verschonen möchten; das Gel der Ziegel, das Zusammenstürzen der Dächer und m, und die Vereinigung von tausend andern Tönen, bil- ein Entsetzen erregendes Geräusch. Nach 5 Uhr liefs Sturm einige Augenblicke nach, und da hörte man deutdas Fallen der Ziegel und Bausteine, welche durch den n Windstofs wahrscheinlich bis zu bedeutenden Höhen n fortgerissen worden. Um 6 Uhr war der Wind S., um r SO., um 9 Uhr schönes Wetter. Sobald die Dämmedie Gegenstände sichtbar machte, ging der Berichterstatuf den Kai. Der Regen schlug so heftig herab, dafs er Haut verletzte, und so dicht, dafs man nur bis zur Spitze Dammes sehn konnte. Die Wogen rollten so gigantisch i, als böten sie jeder Zerstörung Trotz, so wie sie aber sich ler Werfte brachen, verloren sie sich unter den Trümjeder Art. Balken, Schiffstaue, Tonnen, Kaufmannsr bildeten eine zusammenhängende, undulirende Masse. zwei Schiffe waren aufrecht, viele umgekehrt, oder lagen der Leeseite in seichtem Wasser. Vom Thurme der Karale zeigte sich ein Bild allgemeiner Zerstörung; der An der Gegend war der einer Wüste, nirgend eine Spur Vegetation, einige Flecke welken Grün's ausgenommen. Boden sah aus, als wenn Feuer durch das Land gegangen e, welches alles versengt und verbrannt hätte. Einige ige stehn gebliebene Bäume, ihrer Blätter und Zweige beöt, gewährte einen kalten, winterlichen Anblick, und die reichen Landsitze in der Umgebung von Bridgetown, früvon dichten Gebüschen beschattet, lagen nun frei in Trümm"[1].

---

1 Der Schaden, welchen derselbe auf Barbados anrichtete, wurde

101) Noch merkwürdiger ist der Orkan vom 10ten O 1780, welcher durch die Zerstörung der englischen Kriegsf unter Rodney sehr bekannt wurde, und den eben beschrie nen an Heftigkeit noch übertraf[1]. Schon 7 Tage früher s störte ein Sturm zu Jamaica die Schiffe Scarborough, Barba Victor und Phönix; aber die Princefs Royal, der Henry u der Austin Hall, die in Savanna la Mar von den Ankern g rissen und in die Moräste getrieben waren, wurden so h auf das feste Land gehoben, dafs sie den überlebenden E wohnern zur Wohnung dienten.

Die Breite des Sturmes vom 10ten Oct. war gleic fangs so grofs, dafs er die äufsersten Grenzen der kleinen A tillen, Trinidad und Antigua, gleichzeitig umfafste, w sein Centrum über Barbados nach St. Lucia fortrückte, Admiral Hotham mit den Schiffen Vengeance, Mon Egmont, Ajax, Alcmene und Amazone lag. Darauf traf er der Südküste von Martinique das französische Convoy von Fregatten und funfzig Transportschiffen mit 5000 Mann Tr pen, wovon nur 6 bis 7 Schiffe sich retteten. Von hier n das Centrum über Portorico, wo der Deal Castle schei nach der Insel Mona, beschädigte das englische Convoy deutend, dann weiter nach den Silver-Keys, wo der Sco Casle unterging. An welcher Stelle der von St. Lucia n Jamaica segelnde Thunderer, auf welchem der Commod Walsingham seine Flagge aufgezogen hatte, verloren ge gen sey, ist niemals bekannt geworden. Unter 26° N wandte sich der Orkan nach NO. und traf die zu Savanna l entmasteten Schiffe Trident, Ruby, Bristol, Hector und Gr unter Admiral Rowley, wandte sich dann nach den Berm Inseln, und holte den früher schon unbrauchbar gewor Berwick auf seiner Rückkehr nach England ein. Nicht w verheerend, als bei den Schiffen, wüthete der Orkan au Inseln. Auf Martinique kamen 9000 Menschen um, 100 lein in St. Pierre, wo kein Haus stehn blieb, da das Me Fufs hoch anschwoll, und 150 Häuser am Ufer in einen

auf 2311729 Lstl. geschätzt, die Zahl der umgekommenen Me betrug 2500 und der verwundeten 5000. S. Edinburgh New Phil. J. N. XXVII. p. 180.

1 Beschreibung ebendaselbst, hier etwas abgekürzt.

licke verschwanden. In Fort Royal wurden die Kathe-
, sieben Kirchen, 1400 Häuser umgestürzt, und unter den
en des Hospitals 1600 Kranke begraben, von denen nur
ge sich retteten. In Domenica wurden fast alle am Ufer
nde Häuser fortgerissen, die königliche Bäckerei, die Ma-
e und ein Theil der Kasernen zerstört. In St. Eustach
hellte der Sturm 7 Schiffe am Felsen von North-Point,
von 19 Schiffen, die er von ihren Ankern losgerissen ins
trieb, kehrte nur ein einziges zurück. In St. Lucia, wo
Menschen den Tod fanden, wurden die festesten Gebäude
u ihren Fundamenten zerstört, Kanonen mehr als 100
weit fortgeschoben, Menschen und Thiere vom Boden
hoben und mehrere Schritte weit fortgeschleudert. Die
chwoll so hoch an, dafs sie das Fort zerstörte und ein
am Seehospital zerschellte. Sogar die Corallendecke des
odens ward zerrissen und Stücke davon so in die Höhe
fen, dafs sie später über dem Wasser sichtbar waren.
300 Häusern zu Kingstown auf St. Vincent blieben nur
hen, und Sir George Rodney sagt in seinem amtlichen
ite: „nur meine eigene Anschauung hat mich von der
lichkeit überzeugen können, dafs der Wind eine so gänz-
Zerstörung einer so blühenden Insel, als Barbados, her-
bringen vermag.“ Auf den Leeward-Inseln zog sich
amilie des Gouverneurs, als der Sturm heftiger wurde, in
litte des Hauses zurück, welches wegen seiner drei Fufs
n Mauern hinlänglichen Schutz versprach, dennoch aber
der Wind durch, man floh in den Keller, aber hier stieg
Vasser vier Fufs hoch, man rettete sich nach der Batterie,
uchte unter den Kanonen Schutz, aber einige Zwölfpfün-
urden 420 Fufs weit fortgetrieben. Als der Tag anbrach,
die Gegend einer Winterlandschaft, kein Blatt, kein Ast
n den Bäumen zu sehn.

102) Wenn gleich nicht alle Tornados der westindischen
n nach ihrer Umbiegung so weit fortrücken, dafs sie dann
r in den nordamericanischen Provinzen toben, so ist dieses
bei vielen der Fall. Die hier sich zeigenden Hurricans
zwar minder heftig, aber doch unglaublich zerstörend und
hlreich, dafs man mit Wahrscheinlichkeit alle Jahre einen
einige zu erwarten hat. Da sie in ihren Wirkungen ein-
ähnlich sind, so genügt es, einige derselben aus den

letzten Jahren namhaft zu machen. Einen solchen, welcher
25sten Juli 1838 einen Theil des Districts Allegany verh
beschreibt W. Gaylord[1]. Der Tag war heifs und die L
schwül, die Windrichtung von W. gen N. nach S. ge
Anfangs zeigte er sich in Rushford als blofser Gewitter
nahm aber bald an Heftigkeit sehr zu, und riss alles m
fort, was ihm im Wege stand. Einige Districte auf s
Zuge traf er weniger, andere dagegen so stark, dafs
Waldungen gänzlich zerstört wurden, wobei er spra
sich bald zu erheben, bald gegen die Erde zu stürza
In der Stadt Belfast ging er über den Flufs Genese
Breite von 1 bis 1,5 engl. Meilen, indem er in seiner
einer Breite von ungefähr 0,75 Meilen die stärksten
buchstäblich abbrach und die Häuser gänzlich zerstörte,
Seiten aber letztere blofs abdeckte. An einigen Stellen
die Bäume in einer Höhe von 20 bis 30 Fufs abgebroch
andern mit der Wurzel ausgerissen, und dieses schien
eine wirbelnde Bewegung geschehn zu seyn. Manche G
stände wurden vom Wirbelwinde in die Höhe gehoben,
denn unter andern ein Mann und seine Pferde nebst den
gen aufgehoben und nach verschiedenen Richtungen um
schleudert waren. Am 31sten Juli 1839 beobachtete Ol
einen Tornado zu New-Haven, und untersuchte nachh
durch ihn angerichteten Verheerungen genauer. Der T
gleichfalls schwül, und es schien ein Gewitter zu nahen,
ches sich in W. bildete, während der Wind aus SO.
dann nach S. herumlief, und demnächst mit Heftigkeit
tobte, begleitet von einem starken Getöse in der Luft. Ol
betrachtete selbst die von ihm verursachten Zerstörungen,
verglich die Nachrichten mehrerer Augenzeugen. Alle
auf seinem Zuge waren abgebrochen oder ausgerissen, die
ser und Scheunen ungestürzt oder abgedeckt, und die F
auf den Feldern niedergedrückt. Die Länge der ver
Strecke betrug übrigens nur 4 engl. Meilen, und die
etwa 60 Faden. Die Augenzeugen beschrieben den Sto
eine weifse Schneewolke mit innerer Bewegung, die sich

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXVII. p. 91. Vergl. T. XXIV
p. 71. Den Sturm im Sept. 1821 beschreibt Hubbard in Silliman's Am
Journ. T. XXXV. p. 233.

2 Ebendaselbst. S. 340.

ügel herabkommend in die Ebene stürzte; die umgewor-
Bäume an den Seiten lagen nach der Mitte hin gerichtet,
der Mitte selbst nach der Richtung des Sturms, und
ıach dieser Mitte hin lagen die Bruchstücke der zerstör-
äuser; nur selten waren einige Gegenstände nach allen
hin zerstreut. Als Einzelnheiten werden erwähnt, dafs
r ihrer Federn beraubt waren; ein Schoppen wurde zer-
und ein darin stehender Wagen weit fortgeschleudert,
ıchien dieser und die fortgetragenen Bäume mit Heftigkeit
die Erde gestofsen worden zu seyn. Die Beine der Tische
ie Flügel der Thüren lagen nach verschiedenen Seiten
worfen, in einem einzigen Falle aber schienen die Wände
ɔcheune sämmtlich nach aufsen gedrückt zu seyn. Der
eibung nach war dieses Meteor entweder eine Landtrombe
renzte wenigstens sehr nahe daran[1].

)3) Im Allgemeinen kannte man diese Orkane, nament-
ır südlichen nordamericanischen Staaten, schon lange, die
ın, tiefer eindringenden Untersuchungen haben jedoch
Ursprung, ihr Fortschreiten und die eigentliche Beschaf-
derselben genauer kennen gelehrt. Nach den Erfahrun-
welche Dunbar[2] während seines mehrjährigen Aufent-
u La Forêt am Mississippi in der Nähe von Neuorleans
, kommen dort kurzdauernde heftige Windstöfse zu al-
ıreszeiten vor, mit Ausnahme der Monate Mai und Octo-
lie die angenehmsten im ganzen Jahre sind, und wehn
ın Richtungen des Compasses. Kurz dauernde, kaum ei-
linuten anhaltende Windstöfse mit Regen, die sogenann-
, kommen in allen Jahrszeiten, meistens aus NNO.,
ɔer dennoch nicht selten so heftig, dafs sie Bäume aus-
, Häuser umstürzen und die Früchte durch die Lüfte
ren. Dunbar erlebte in den Jahren 1799 und 1800 zwei

Sonstige Beschreibungen dieser heftigen Orkane in den nord-
nischen Staaten haben unter andern Audubon in Edinb. New
ırn. N. XXIV. p. 278 mitgetheilt.

Transact. of the Amer. Soc. of Philad. T. VI. p. 1. Biblioth.
08. Juin. G. XXXI. 430.

Die sämmtlichen, auf der Charte gezeichneten Stürme fallen in
gust und September; der von 1780 im October gelangte nicht
den nordamericanischen Küsten.

heftige Orkane, beide im Monat August. Der erste, währe
dessen er sich zu Neuorleans befand, beraubte mehr als
Hälfte der Häuser dieser Stadt ihrer Dächer, und stürzte ei
sogar um; der um diese Zeit in der Regel sehr niedrige
sissippi wurde aus seinen Ufern getrieben, und seine Flu
führten den Rest der Ernte fort, der noch nicht eingesa
war. In einer Ausdehnung von einigen französischen M
ober- und unterhalb der Stadt hatten die Wälder ein wü
liches Ansehn wegen des abgerissenen Laubes; auf e
Strecken waren die Bäume sämmtlich umgeworfen, u
abgeschlagenen Zweige machten die Wege ungangbar.
Orkan, welcher übrigens keineswegs zu den heftigsten
Gegenden gehörte, blies drei Stunden aus O. oder SO.,
trat eine völlige Windstille ein, die einen furchtbaren
druck machte, weil es schien, als wolle die Natur wied
ihr Chaos zurückkehren; auch empfand man während d
ben eine Abspannung und Erschlaffung, wie sie der Sir
erzeugen pflegt. Sie dauerte etwa 5 bis 6 Minuten,
der Orkan gerade aus der entgegengesetzten Richtung, a
gleicher oder noch gröfserer Heftigkeit, hereinbrach. D
die auf dem Strome schwammen, und vorher mit grofse
tigkeit aufwärts getrieben waren, kehrten jetzt mit ei
cher Geschwindigkeit zurück. Man sah Schiffe, die
Trockne getrieben, andere, die am Ufer zertrümmert wa
ein ins Meer gejagtes bewaffnetes americanisches Schiff k
wieder zum Vorschein.

104) Wie überhaupt in der tropischen Zone, sind
an der Sierra-Leone-Küste die heftigen, in der Re
kurze Zeit dauernden Stürme Begleiter der periodischen
namentlich beim Anfange und Ende derselben[1]. Es er
dann am östlichen Horizonte eine kleine Wolke, die sich
ter zunehmend stärkerem Blitzen und Donnern allmäh
gröfsert, bis sie den ganzen Himmel, etwa mit Ausnahm
nes kleinen Streifes im Westen, in tiefes Dunkel einhüllt.
terdefs herrscht völlige Windstille, oder es wehen nur sehr
linde, meistens Wirbelwinde, bis plötzlich der Orkan

1 Winterbottom Nachrichten von der Sierra-Leone-Küste S.
Golberry Fragmens T. II. p. 486.

erender Wuth losbricht. Nach dem Berichte des Dr.
.t[1] machen zwei oder drei Tornados an der Westküste
a's, hauptsächlich zu Sierra Leone, wo sie am heftigsten
den Uebergang von der nassen zur angenehmen trocknen
szeit, weswegen man sich dort danach sehnt. Das Ei-
ümliche dieser Stürme besteht in der Bildung einer dün-
Wolke, die sich bis zum östlichen Horizonte herabsenkt,
if dann eine ängstliche, beklemmende Stille folgt, die
bald durch die heftigsten Blitze aus den unterdefs ent-
enen und vom Horizonte aufsteigenden, schwarzen Wol-
nit ununterbrochenem Donner ausfahren. Der alsdann
ide Sturm wirft Häuser und Bäume um, am nachtheilig-
aber ist die Fluth, welche von den höheren Gegenden
liefst, und durch den Regen entsteht, der nicht tropfen-
, sondern als herabgeschüttetes Wasser aus den Wolken
Auffallend sind die verheerenden Wirkungen der Blitze,
desmal mehrere Bäume und Häuser treffen, sie bedeutend
idigen und nicht selten gänzlich zerstören, wobei zuweilen
immtlichen Bewohner der letzteren erschlagen werden.
ler See verliert die Oberfläche des Wassers unmittelbar
em Ausbruche des Sturmes ihre Glätte, und wird mit
weifsen Schaume bedeckt, worauf dann die Wellen sich
rmen und alles zu verheeren drohen; doch sind sie min-
fährlich wegen ihrer kurzen Dauer, und weil die Schif-
h darauf vorbereiten können. Sind sie ohne Regen, in
m Falle sie am heftigsten toben, so nennt man sie
Tornados. Eschwege[2] beschreibt die Gewitterstürme,
einen solchen, noch obendrein während der Nacht, in
rwäldern Brasiliens erlebte, als höchst furchtbar, und ihr
so Schrecken erregend, dafs die Angst, womit sie er-
diejenige weit übertrifft, die man auf dem Meere em-
, weil man sich an das Toben des Orkans und das
n der Wogen in einem wasserdichten und gehörig vor-
ten Schiffe auf offener See bald gewöhnt, und sich in
jüte ruhig schaukeln läfst.

05) In Abyssinien ist, wie überhaupt in der tropischen

Medical topography of the western coast of Africa. In Edin. New philos. Journ. N. XXV. p. 178.

Brasilien, die neue Welt. Th. II. S. 19.

Zone, die Regenzeit mit Stürmen verbunden, die häufig u
heftig sind und in wahre Orkane übergehn, indem die tropi
Regenzeit eigentlich nichts anderes ist, als ein drei bis v
Monate dauerndes Aufeinanderfolgen häufiger Gewitter
Süden. Nach Russegger[1] beginnt diese unter dem Aeq
bereits im Mai und ist fast mit täglichen Gewittern verbund
unter 12° bis 14° N. B. ist sie durch Zwischenräume v
bis 14 Tagen heiteren Wetters unterbrochen, unter dem 13
Grade beginnt sie erst im Juni und unter dem 18ten G
N. B. kann man die Grenze der tropischen Regen
obgleich auch dort starke Gewitter, hauptsächlich aus SO. u
SW., nicht selten vorkommen, noch weiter nördlich regn
fast gar nicht. Ein solches Gewitter, welches die Arab
buba nennen, erlebte Russegger auf seiner Rückkehr
Kordofan nach Sennaar. Die Stürme dabei gleichen vollk
dem wirbelnden Chamsin, sind indefs nicht heifs. Das
witter erhob sich um 2 Uhr Nachmittags nach drück
Hitze; dicke, schwarz, grau und roth gefärbte, dem
einer brennenden Stadt gleichende Wolkenmassen, wälzt
auf dem Boden hin, überschritten den Becher-Abierd,
Wasser hoch aufgethürmt wurde, während der Sturm
die Thiere heulten und der Regen in Strömen herabfiel.
dem Regen führt der Wirbelwind eine solche Menge S
Staub mit sich, dafs man es unmöglich im Freien
kann. Bei einem zweiten Sturme, den Russegger
in Kordofan erlebte, war die Wärme vorher 41°,22,
10° C., in beiden Fällen war die Elektricität so st
aus dem von der Wetterstange in das Zelt herabgehenden
Funken ausbrachen; nach dem Regen ging sie aber

106) Auch das Vorgebirge der guten Hoffnung ist
seiner häufigen und mitunter heftigen Stürme bekannt. C
Bell[2] erzählt von Winden, die an der Grenze der Cap-C
nur eine Minute lang von NO. wehen, und auf
völlige Windstille folgt, die dabei aber so heftig sind,
fast die Wagen umwerfen. Ihr Wechsel erfolgt meistens
halb 10 Minuten. Ungleich heftiger aber sind die Win
vom Meere her die Capstadt treffen, von denen Labillar

1 Baumgartner u. v. Holger Zeitschr. Th. V. S. 262.
2 Reisen in Africa. Weim. 1823. S. 17.

andere erzählen. Sie haben eine solche Gewalt, dafs sie blofs den Schiffen im Hafen gefährlich werden, sondern kleine Steinchen von etwa 4 Lin. Durchmesser mit grofser lt in Mannshöhe vor sich her treiben, wodurch die Men- gezwungen werden, in den Häusern Schutz zu suchen. FEUSTEIN[1] erlebte während seines Aufenthalts auf dem Cap heftigen Sturm, welcher grofse alte Eichen vor einem der Colonie aller ihrer Blätter, so wie auch der ge- sten, stärksten Aeste beraubte. Zugleich fiel ein so star- legen, dafs der Flufs zu einer beispiellosen Höhe an- ll. Alle in der Tafelbai liegende Schiffe wurden von Ankern gerissen, und die meisten derselben, auch die französische Fregatte Atalante, scheiterten am Strande. n wüthendsten Stürmen aber gehören diejenigen, welche r Ostküste von Südafrica toben und auf jeden Fall den dischen an Stärke nicht nachstehn. Vor allen andern ist sel Mauritius oder Isle de France ihnen ausgesetzt[2], weit als die Inseln Bourbon, Rodriguez und andere nahe unter Aequator liegende. Sie wehen daselbst zur Regenzeit, die December bis April dauert, und dann sind selbst die im zu Port Louis vor mehreren Ankern liegenden Schiffe icher. Man sieht den Sturm nicht allezeit voraus, doch t er sich durch bedeutendes Anschwellen der See beim durch Geschrei und unruhiges Verhalten der Seevögel, dichte, oft kupferfarbige, Wolken auf den Bergen, durch h wechselnde Windstillen und eine schwer zu beschrei- Unruhe am Horizonte an; vor allem giebt das Barometer Zeichen, indem es schnell und stark sinkt. Der Sturm t mit Stöfsen, die regellos mit gänzlicher Windstille ln, heftiger und häufiger werden, bis das Toben der d Heulen des Windes den höchsten Grad erreicht, der zen Pausen unterbrochene Sturm aber durch die ganze ze läuft und nach etwa zwanzig Stunden ein schreck- Regen das Ende macht. Schiffe können durch Anker me nicht widerstehn, denn der Sturm zerreifst auch die n und zerbricht die Masten wie Reiser. Auf der Insel

---

[1] Dessen Reisen. Th. II. S. 587.

[2] LEES PRIOR Beschreibung einer Reise in das indische Meer. 1819. S. 90.

selbst sind die Verheerungen gleich stark, als an den Küst
indem Häuser und Pflanzungen gewaltsam weggerissen werd
Einst hielt sich ein Mann lange Zeit an einem Baumstam
als er diesen aber verlassen hatte und weiter zu kommen h
wurde er 200 Schritt weit fortgetrieben, und hatte Mühe, s
niederzuwerfen, um nicht in einem etwas entfernteren F
umzukommen. Auf einem 1200 Fufs hohen Berge unweit
Stadt war ein Haus mit einem Signalposten, welches in ei
solchen Sturme verschwand, ohne dafs von Menschen
Sachen eine Spur zurückblieb, weil es ohne Zweifel in
geschleudert war. Die Verheerungen des Sturmes ver
die des Regens, doch hat man jetzt alle mögliche Vorkehr
getroffen, um diese Wirkungen zu mildern, und sowohl
Schiffe im Hafen, als auch die Bewohner der Insel
zu sichern.

Nach den genauen Erkundigungen, welche Farta
über die Stürme auf dieser Insel angestellt hat, ereign
sich fast alle Jahre, aber nur während der Dauer der g
Hitze in den Monaten December bis März, toben abe
allezeit mit gleicher Gewalt. Die verheerendsten waren
Jahren 1760, 1761, 1766, 1772, 1773, 1786, 17
1824, und unter diesen der vorletzte einer der stärkst
um so gröfseren Schaden anrichtend, je unerwarteter e
brach. Das Barometer fiel von 7 Uhr Morgens am 2
bis um 6 Uhr 5 Min. am Morgen des folgenden Ta
759,06 bis 715,27 Millimeter, und die Dunkelheit der
vermehrte die Schrecknisse der Katastrophe. Vierzig vo
liegende Schiffe wurden losgerissen und scheiterten an d
oder wurden stark beschädigt, und zum Glück traf de
während seiner gröfsten Heftigkeit den Hafen nicht, den
wären alle dortige Schiffe mit ihrer ganzen Mannschaft
gegangen. Auf der Insel selbst kamen viele Menschen, m
freie als Sklaven um, und die Ernten wurden gänzlich
stört. Von dem Schauspielhause zu Port-Louis, welch
Gestalt eines T gebaut war, wurde der hintere Theil, w
das Ende oder den Fufs des T bildete, 53 Fufs brei
82 Fufs lang, beinahe 5 Fufs weit von seinem Fund
fortgeschoben. Auf der Batterie, welche nahe am grofsen

1 Voyage autour du Monde. Par. 1828. 4. T. I. p. 369.

, wurden zwei Kanonen von schwerem Caliber, auf See-
ten montirt, ganz in die entgegengesetzte Richtung herum-
ehet, als sie gehabt hatten. Ein stark gebauetes massives
, nur ein Stockwerk hoch, welches allen Stürmen seit
widerstanden hatte, wurde durch diesen Sturm eingestürzt
die Mitglieder der darin wohnenden Familie kamen um
wurden schrecklich verstümmelt.

107) An diese Classe von Winden schliefsen sich die
hons, die auf den Meeren von China und Japan und an
Küsten dieser Länder wüthen. Der Name findet sich bei
Griechen, welche eine von den Aegyptiern entlehnte Fabel
einem ungeheuren Riesen (*Τυφὼν*) hatten, und diese auf
verwüstenden Wirbelwind übertrugen. Nach dem, was
nus[1] darüber sagt, verstand man hierunter anfangs die
tersäulen; gegenwärtig bezeichnet man damit die in den
nten Meeren tobenden Orkane, bei denen die Drehung in
n Kreise, und zwar anscheinend in einem engeren, als auf
westindischen Inseln, wie auch das Eintreten gänzlicher
dstille und einer, hierauf folgenden, gerade entgegengesetzten
tung vorzugsweise auffallend hervortritt. Einen Sturm
r Art erlitt Krusenstern[2], am 1. Oct. 1804, wobei das
f Gefahr lief umzuschlagen, und nach der Umkehrung der
ung eine Welle die Planken der Cajüte zerschlug. Langs-
f[3] bemerkt, dafs während der Dauer desselben von 1 Uhr
gs bis zum andern Morgen das Barometer von 29,4 Zoll
bis mindestens 27,6 Z. herabsank, ohne dafs eine genauere
mung möglich war, weil die Quecksilbersäule bis unter
kale herabging. Aus dieser Ursache empfiehlt Krusen-
[4] den Seefahrern dringend den Gebrauch des Marine-
ters sowohl überhaupt, als auch insbesondere in den ge-
n Meeren, weil sie sowohl allgemein die Stürme, vor-
ise aber die Typhons und deren Stärke genau und sicher
verkündigen[5].

Hist. Nat. L. XX. C. 48.

Dessen Reise. Th. I. S. 254. Vergl. Beiträge zur Hydrographie
lleren Oceane. Leipz. 1819. 4. S. 12. Starkes Fallen des Baro-
ist dort ein sicheres Zeichen des bevorstehenden Sturmes.

Voigt's Magazin. Th. XI. S. 301.

Beiträge u. s. w. a. a. O.

Ausführliche Beschreibungen dieser Stürme findet man in Capper
ations on the Winds and Monsoons. Lond. 1801. p. 42, und in

Fernerweitige Beschreibungen dieser Typhons, die im Ga-
zen nur das Nämliche enthalten können, dürften von geringer
Interesse seyn, als die Nachweisung ihrer eigenthümlichen Be-
schaffenheit, die Redfield[1] von ihnen durch Zusammenstellu
der Nachrichten aus den Journalen der Schiffe, welche s
gleichzeitig an verschiedenen Orten in und neben denselb
befanden, gegeben hat. Vorzugsweise genaue Angaben e
halten die Papiere des Schiffes Raleigh, welches im Anfa
des Monats August 1835 von Macao absegelnd sich am 4. a
5. dieses Monats mitten in dem Orkane befand. Genügen
Fig. 204. Anschauung gewährt in kürzester Zeit die Zeichnung der kl
Charte, wonach die Mitte des Sturmes in der Linie CBA, d
etwa N. 72° W., fortschritt, dessen Drehung durch die Pl
so wie die muthmaſsliche nördliche und südliche Grenze a
dem Laufe der Schiffe Raleigh und Lady Hayes durch pun
Linien angegeben sind. Hieraus ergiebt sich zugleich, daſs
geradlinige Fortschreitung dieser Orkane nicht so bedeutend
um die heftigen Wirkungen derselben hieraus zu erklären.
Beweise seiner bekannten Hypothese, daſs die Stürme de
lichen Halbkugel mit umgekehrten Verhältnissen den na
Charakter, als die der nördlichen haben, giebt Red
eine Beschreibung aus den Papieren des americanischen Sch
Panama von dem Hurricane, welchen dieses auf seiner F
von Canton nach New-York am 25. und 26. Jan. 183
20° 14′ S. B. und 80° 36′ östl. L. von Greenwich, bis
14′ S. B. und 76° 47′ östl. L. erlitt.

108) Nach der Angabe Peron's[2] sind auch auf Neuh
die Stürme sehr heftig und haben gleichfalls das Eigenthü
daſs während ihrer Dauer der Wind aus allen Gegenden
Horizontes bläst. Die von ihm beschriebenen waren
eigentliche Gewitterstürme, von Platzregen und Hagelsch
begleitet; ihre genauere Beschreibung bietet daher kein spec
Interesse dar.

Horsburgh India Directory. T. II. p. 233. Sie heiſsen in Chi
Foongs, groſse Winde, und es ist fraglich, ob dieser ursprun
Name nicht zu den Aegyptiern und von da zu den Griechen, o
letzteren direct gelangt ist, und zur Fabel vom Riesen Typhon V
lassung gegeben hat.

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXV. p. 210 ff.

2 Dessen Reisen. Th. I. S. 347.

109) Ueberblicken wir die hier mitgetheilten Angaben, so
ngen wir zu dem Resultate, dafs die Winde wohl überall
gleich grofse Geschwindigkeit erlangen können. Dieses
int mir namentlich aus einer Vergleichung der an der Küste
wegens und der in den südrussischen Steppen tobenden zu
en, wenn wir sie mit den westindischen Tornados und den
adischen Typhons vergleichen; denn wenn auch die letzteren
eerender sind, so mufs man berücksichtigen, dafs nament-
die Berge und die Unebenheiten des Bodens die Ge-
vindigkeit der Luftbewegung bedeutend vermindern, wes-
en diese auf ausgedehnten Continenten und im Innern ge-
ger Inseln weit geringer seyn mufs, als wo sich der-
hen Hindernisse nicht finden. Dagegen sind sie unter
rigern Breiten wohl ohne Zweifel weit häufiger, als unter
ren, weil dort die Vereinigung der sehr erhitzten Luft-
en mit herzuströmenden kälteren leichter Veranlassung ihres
tehens giebt, etwa mit Ausnahme der norwegischen Küsten,
lie Nähe des unverhältnifsmäfsig warmen Meeres auf ähn-
Weise wirkt. Einen wesentlichen Unterschied scheinen
die Orkane der tropischen Zone, verglichen mit denen
höheren Breiten, darzubieten, indem bei ersteren die
el in weit engere Grenzen eingeschlossen sind. Nament-
ist dieses der Fall bei denen im Meere von Japan; bei
aber geht dieses daraus hervor, dafs in der Regel die
tung des Windes nach eingetretener gänzlicher Ruhe in
gerade entgegengesetzte übergeht, was eine Folge davon ist,
zuerst die eine Seite des Wirbels, dann das Centrum und
uf die andere Seite über dem nämlichen Orte hinzieht.
Erscheinung kommt unter höheren Breiten gar nicht, oder
estens sehr selten vor, theils weil die Wirbel einen weit
eren Durchmesser haben, theils weil ihr Centrum ungleich
amer fortschreitet. Hieraus wird wahrscheinlich, dafs die
ten Stürme unter mittleren Breiten ihren Ursprung in der
torischen Zone haben, wobei aber nicht folgt, dafs sie dort
zeit erst verheerend wirken, bevor sie unter höheren Brei-
nkommen, vielmehr können sie sich erheben, in den oberen
onen fortpflanzen und erst später wieder herabsinken. Den
llendsten Beweis hierfür liefert das Verhalten des Föhns,
ntlich am 18. Juli 1841, ferner das Vorausgehn der un-
hnlichen Wärme und Schwüle vor heftigen Stürmen unter

höheren Breiten und das bereits erwähnte Brausen, welches man vorzüglich im Frühlinge in den höheren Luftregionen dann zu hören pflegt, wenn Thauwetter mit heftigen Winden einzutreten will.

110) Versuchen wir die hier erzählten unglaublichen Wirkungen der Orkane zu erklären, so wird sich alsobald die Frage aufdringen, welche Geschwindigkeit eine so dünne Flüssigkeit, als die Luft ist, haben müsse, um eine solche gewaltige unbegreifliche mechanische Gewalt auszuüben. Die Aufgabe, das *Verhältnifs zwischen der Geschwindigkeit des Windes und der hierdurch erzeugten Kraft* aufzufinden, hat nicht blofs wissenschaftliches, sondern in Beziehung namentlich auf die Leistungen der Windmühlen zugleich ein technisches Interesse, und ist daher von vielen Geometern behandelt worden, deren wesentliche Ansichten wir hier kurz zusammenstellen wollen.

Zuerst stellte Newton[1] den nachher im Allgemeinen beibehaltenen Satz auf, dafs die Kraft der bewegten Luft dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sey. Dieses folgerte derselbe aus der Theorie und fand es bestätigt durch die Erfahrung bei den Versuchen, die er absichtlich für diesen Zweck anstellte[2]. Man glaubte hierbei annehmen zu dürfen, dafs es einerlei sey, ob die Luft sich gegen einen festen Körper, oder letzterer sich gegen erstere bewegt, und das Problem kommt also auf den *Stofs der Körper* zurück, dessen Stärke bei elastischen dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist. Diesem Theorem liegt die Betrachtung zum Grunde, dafs bei n facher Geschwindigkeit n mal mehr Theile, jedes mit n facher Geschwindigkeit gegen eine gegebene Fläche stöfst, und daher die Kraft dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sein mufs[3]. Werden blofs diejenigen Untersuchungen berücksichtigt, die sich auf den Windstofs allein beziehen, mit Ausschlufs derer, die vom Widerstande elastischer Medien überhaupt handeln, so gehört Bouguer[4] zu den ersten, welche die Stärke des Windstofses nach der genannten Hypothese bestimmten. Auch verfertigte er eine Tabelle, worin die Geschwindigkeit des Windes mit der dazu gehörigen Kraft in Pfunden

1 Philos. nat. Princ. math. Lib. II.

2 Vergl. Art. *Widerstand*.

3 Vergl. A. L. Crelle Theorie d. Windstofses. Berl. 1809. 4 S.

4 Manoeuvre des Vaisseaux. In Mém. de l'Acad. de Par. 173[illegible]

amengestellt sind. Diesem folgte Musschenbroek[1], legte r keineswegs hinlänglich sichere Thatsachen zum Grunde. sagt: aus einem gleich grofsen Gefäfse fliefst durch die nliche Oeffnung die Luft 24mal schneller ab, als Wasser. ses folgt daraus, weil das spec. Gewicht der Luft sich zu i des Wassers wie 1 zu 606 verhält. Ist daher die Gewindigkeit des Wassers $= 1$ und die der Luft $= x$, so s sich die bewegende Kraft beider wie das Quadrat der chwindigkeit in die Masse verhalten, welches das Verhältnifs $\times 606$ zu $x^2 \times 1$ giebt, und also $x = \sqrt{606} = 24{,}61\ldots$, che Gröfse nach der Dichtigkeit der Luft verschieden ist. a dieses folgt aus dem oben angeführten Satze, dafs der k von 1 Luft in 1 Zeit $= 1^2$, wenn aber 2 Luft mit 2 Gewindigkeit stofsen, $= 2^2 = 4$ ist. Wenn also die Luft Fufs in 1 Sec. zurücklegt, so ist ihre Kraft derjenigen :h, welche das Wasser durch die Geschwindigkeit von ufs in der nämlichen Zeit erlangt. Es ist dann ferner die t des Wassers bei 1 Fufs Geschwindigkeit in 1 Sec. dem e eines Wasserprisma von der Basis der gestofsenen Fläche der Höhe gleich, von welcher ein Körper herabfallen mufs, 1 Fufs Geschwindigkeit in 1 Sec. zu erlangen. Ein Körfällt in 1 Sec. 15 Fufs und erlangt dadurch eine mittlere hwindigkeit, womit er 30 Fufs in derselben Zeit durchlaufen le[2], die Fallgeschwindigkeiten verhalten sich aber wie die hratwurzeln der Höhen, und wir erhalten also die Propor- $30 : \sqrt{15} = 1 : \sqrt{x}$, woraus $900 \times 15 = 1 \times x$ und $x = \frac{1}{900}$. Gewicht eines Kubikfufs Wassers beträgt 63 Pfund, und e Kraft wird also bei 1 Fufs Fallgeschwindigkeit in 1 Se- le $= \frac{63}{60} = 1\frac{1}{20}$ Pfund betragen, mithin ebenso viel die Ge- des Windes gegen einen Quadratfufs Fläche, wenn er sich 24 Fufs Geschwindigkeit bewegt. Wäre also die Gevindigkeit des Windes $= 30$ Fufs, so würde seine Kraft n nicht 2 Pfund, bei 66 Fufs nahe 7,6, bei 123 Fufs dan nahe 27,6 Pfund betragen.

Musschenbroek's weitere Berechnungen, worin er diese fsen benutzt, um den Druck zu finden, welchen der Wind en Bäume und Thürme ausübt, indem er die Kraft gegen

1 Introd. in Philos. nat. T. II. §. 2620.
2 Vergl. Art. *Fall*. Bd. IV. S. 4.

1 Quadratfuſs Fläche allgemein zu 27 Pfund annimmt, habe kein weiteres Interesse, und es verdient nur noch bemerkt zu werden, daſs nach seiner Angabe Bouguer's Tafeln die Kraft des Windes für alle Geschwindigkeiten etwas geringer gebe als sie nach diesen Sätzen des La Hire seyn müſste.

111) In Deutschland galt lange Zeit die Theorie, welche übereinstimmend mit den eben angegebenen Sätzen durch Kästner[1] aufgestellt wurde, wonach die Gewalt des Windes d Stoſse eines Flüssigkeitsprisma von der gegebenen Basis, Dichte der Luft und dem Quadrate der Geschwindigkeit p portional ist. In Beziehung auf die Geschwindigkeit nahm an, daſs diese durch die Fallhöhe gegeben werde, so wie den Stoſs des Wassers aus der Höhe der bewegten Wasser bestimmt. Hierauf beruhet die einfache Darstellung dieses blems durch Gehler[2], wonach für eine Fläche = a, eine H = h und die Dichtigkeit der Luft gegen Wasser = n der S k = a h n angenommen wird. Es soll die Kraft des S einer Flüssigkeit ihrem Widerstande gleich seyn, doch nicht unbemerkt bleiben, daſs man zwar im Ganzen Widerstand R = k gesetzt) R = a h n annehme, daſs andern aber R = 2 n a h oder im Allgemeinen = 2 λ n a h nommen werde, wobei der Werth von λ aus Versuchen bestimmen sey. Letzteres bezieht sich auf den bekannten S ob die Kraft einer herabfallenden Wassersäule dem Ge ihrer einfachen oder doppelten Höhe proportional zu setzen Zur Bestimmung des Werthes von h diente der Druck atmosphärischen Luft oder das Gewicht einer Luftsäule überall gleicher Dichtigkeit, die als Aequivalent der g Atmosphäre dienen könnte. Unterdeſs wurden Woltma Versuche bekannt, die einen durch die Erfahrung gege sicheren Anhaltpunct für die erforderliche Gröſsenbestim darzubieten schienen. Langsdorff[4] theilt folgende Res als die genauesten mit, wenn v die Geschwindigkeit, K beobachteten Stoſs gegen 1 Quadratfuſs Fläche, k den auf

1 Lehrbegriff d. gesammten Math. Th. VI, Greifsw. 1771. Abs

2 A. A. Bd. IV. S. 763.

3 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels u. Hamb. 1790. 4. S. 50.

4 Lehrbuch der Hydraulik mit beständiger Rücksicht auf die fahrung. Altenb. 1794. 4.

windigkeit reducirten Stofs in Lothen und Hamburger ezeichnen.

v	K	k	v	K	k
10	4,00	0,0400	28	27,23	0,0347
12	5,33	0,0370	29	29,25	0,0348
20	16,11	0,0403	30	31,41	0,0349
21	16,73	0,0379	31	32,37	0,0337
24	20,72	0,0360	33	37,38	0,0343
25	21,39	0,0342	35	42,30	0,0343
26	23,15	0,0342			

ch beträgt der Stofs des Windes von 1 Fufs Geschwin- in 1 Secunde gegen 1 Quadratfufs Oberfläche im Mittel Loth. Wird diese durch directe Erfahrung gefundene mit der mehr theoretisch zu bestimmenden verglichen, die durch die Fallhöhe zu erreichende Kraft der Luft

. Woltmann wandte Hamburger Mafs an, und hiernach

= 34,22 Fufs, mithin erhält man für eine Fläche a = 1 tfufs und das Gewicht eines Kubikfufs Luft = p den

ck $\frac{v^2}{68,44}$ a p. Beträgt das Gewicht eines Kubikfufs Was- ,5 Pfund, und ist das Verhältnifs des Gewichts des s gegen Luft = n, so erhält man

$$k = \frac{v^2}{68,44} a n \text{ 48,5 Pfund}$$
$$= v^2 a n \text{ 22,7 Loth.}$$

ichtigkeit der Luft verändert sich mit dem Barometer- allein das Verhältnifs wird für die vorliegende Aufgabe eutend von $\frac{1}{900}$ abweichen, wonach also für v = 1 und angenommen,

$$k = \frac{22,7}{900} = 0,0252 \ldots \text{Loth} = 0,0007882 \text{ Pfund}$$

n würde, statt dafs Woltmann 0,035 Loth = nahe Pfund fand. Langsdorff bemerkt übrigens mit Recht, e Kraft des Windstofses der des Widerstandes bei gleicher indigkeit und für gleiche Flächen nicht durchaus gleich ann, denn im ersten Falle ist die ganze Flüssigkeitsmasse , im letzteren aber ist sie ruhend.

112) Den eben angedeuteten Gang der Untersuchung hielt man seitdem bei, indem man den Stofs der Luft theoretisch bestimmte, wobei vorzüglich nur das Dichtigkeitsverhältnifs der Luft gegen Wasser einen Unterschied machte, theils die Gewalt des senkrechten Stofses durch die Erfahrung zu ermitteln suchte und beide Werthe mit einander verglich. Bei weitem die meisten dieser Bemühungen, wo nicht alle, beziehen sich indefs auf die Auffindung der Kraft, womit der Wind eine schief gegen ihn gerichtete Fläche zum Ausweichen bringt, weil hierauf die Construction der Windmühlenflügel beruhet, welche Aufgabe jedoch dem Art. *Windmühle* vorbehalten bleibt, indem wir uns hier blofs an den geraden Stofs des Windes halten. Um einige der verschiedenen Darstellungen mitzutheilen, mögen folgende hier erwähnt werden. Ist nach Crelle[1] die Geschwindigkeit der bewegten Luft = v und eine gestofsene Fläche ein rheinl. Quadratfufs, so werden in einer Secunden m v Kubikfufs Luft zum Stofse gelangen. Bezeichnet das Gewicht eines Kubikfufs Luft = p, so ist das Gewicht der stofsenden Masse = m v p. Die Schwere erzeugt in jeder Secunde, in m Secunden eine Kraft = m g, wenn g = 31,25 Fufs bezeichnet, und die beschleunigende Kraft des Stofses verhält sich also zur Schwere, wie v : g m, oder ist $\frac{v}{g\,m}$, und demnach ist die bewegende Kraft des Stofses = $\frac{v}{g\,m}$. m v p = $\frac{v^2}{g}$ p. Heifst die der Geschwindigkeit v zugehörige Fallhöhe = b, so ist $b = \frac{v^2}{2g}$, und daher die Kraft des Stofses $k = 2bp$, wenn für rheinländisches Mafs das Gewicht eines Kubikfufs Luft p = 0,08242 Pfund gesetzt wird, so erhält man den Stofs gegen 1 Quadratfufs Fläche

$$k = a\,\frac{v^2}{62{,}5} \cdot 0{,}08242 \text{ Pfund}, \text{ also für } v = 1 \text{ und } a = 1$$

$$k = 0{,}0013187 \text{ Pfund}.$$

Da aber nach Woltmann's Versuchen $k = \frac{4}{3}\,a\,\frac{v^2}{2g}\,p$ gesetzt werden mufs, so soll man allgemein

$$k = 0{,}0017583\,a\,v^2 \text{ Pfund}$$

1 Theorie des Windstofses. Berl. 1802. 4. S. 5.

men. Soll die *theoretische Kraft des Windstofses* nach
i diesem Werke angenommenen Gröfsen bestimmt werden,
die einer Secunde mittlerer Sonnenzeit zugehörige Fall-
= 30,36 par. Fufs, das spec. Gewicht der trocknen
gegen Wasser aber, oder n = 0,001299, wofür in run-
hl 0,0013 genommen werden kann. Hiernach verwandelt
ie obige Formel

$$= a\frac{v^2}{2g}.n.p \text{ in } k = \frac{1}{60{,}36}.70.0{,}0013 \ldots . \text{ (I)}$$

die Fläche a = 1 = einem pariser Quadratfufs, v = 1
s Gewicht eines Kubikfufs Wasser = 70 Pfund genommen
Unter diesen Bedingungen ist dann k = 0,0015076 Pfund.
13) Nach J. C. E. Schmidt[3] läfst sich der senkrechte
des Windes aus der oben (§. 18) entwickelten Formel
wonach für die Barometerhöhen p′ und p° die Ge-
digkeit des Windes

$$u = 1215\sqrt{\frac{p' - p^0}{p'}}$$

ieraus folgt

$$p' - p^0 = \left(\frac{u}{1215}\right)^2 . p',$$

ı ein Wind, welcher sich mit der Geschwindigkeit u be-
wenn die Luft das Barometer auf einer Höhe = p′ er-
inen Druck hervorbringt, welcher einer Quecksilbersäule
— p° das Gleichgewicht zu halten vermag. Nimmt man
ıs Gewicht eines Kubikfufs Quecksilber in par. Mafs
Pfund an, und die Barometerhöhe im Mittel zu 28 par.
o wird der Druck p′ in Pfunden = 2217 Pfund, und
hält den Druck k auf einen par. Quadratfufs Oberfläche

$$k = 2217\left(\frac{u}{1215}\right)^2 \ldots . \text{ (II)}$$

Für 60 Fufs Geschwindigkeit giebt dieses 5,5 Pfund, die
Formel, hiermit vollkommen übereinstimmend, 5,42736 Pfd.

S. Art. *Schwere*. Bd. VIII. S. 1613, wo aber g = 15,18 Fufs
er älteren Bezeichnung genommen ist, statt dafs man jetzt
36 Fufs annimmt. Das dortige g ist also nur $\frac{1}{2}$g.

S. Art. *Gewicht*, spec. Bd. IV. S. 1515.

Lehrbuch der physischen und math. Geographie. Gött. 1830.

Da die Kraft des Stofses den Quadraten der Geschwindig proportional ist, so würde eine Geschwindigkeit von 120 F 22 Pfund und eine von 180 Fufs 49,5 Pfund geben. D Gröfse ist allerdings bedeutend; denn denken wir uns, da Fronte eines zweistöckigen Hauses von etwa 50 Fufs und 25 Fufs Höhe durch einen Sturm von 180 Fufs schwindigkeit getroffen werde, so würde der dagegen ang Druck zu 50 Pfund auf 1 Quadratfufs gerechnet eine G von 62500 Pfund ausüben; noch leichter übersieht man dafs die vom Sturme in gerader Richtung getroffenen F schwerlich einen Druck von 22 Pfund auf jeden Qua namentlich der Glasscheiben, auszuhalten vermögen, und daher die Orkane im Innern des Festlandes selten eine schwindigkeit von 120 Fufs erreichen, weil das Einb der Fenster daselbst zu den ungewöhnlichen Erscheinung hört; solche Orkane aber, welche Kanonen fortzutreiben mögen, müfsten nothwendig für den Augenblick ihrer be Stöfse mindestens 180 Fufs Geschwindigkeit haben, wa theoretische Bestimmung ihrer Kraft völlig genau wä zwischen ist einestheils dieses nicht der Fall, anderntheil darf nicht übersehn werden, dafs bei der Berechnung ein Stofs angenommen worden ist, statt dafs in der Wirkl eine wirbelnd drehende Bewegung statt findet, welche na lich die Bäume abzubrechen oder mit der Wurzel aus vorzüglich geeignet ist und zugleich die Dachziegel sonstigen Gegenständen in die Höhe zu führen strebt.

114) Die wirkliche Kraft des Windes müfste da eigentlich geringer seyn, als die theoretisch gefundene, die Dichtigkeit der Luft beträgt während der Stürme niemals 0,0013 des Wassers, weil diese Bestimmung für 1 peratur, den normalen Barometerstand im Niveau des und vollkommen trockne Luft gilt, und wir können daher lich nach Langsdorff[1] 0,0012375 für 336 Lin. Barom und 12°,5 C. Temperatur annehmen, wovon dann für jed des Barometerstandes unter 336 Linien $\frac{1}{336}$. 0,001237 ziehn wäre, so dafs für n Linien unter 336 die Dichtig

1 Ausführliches System der Maschinenkunde u. s. w. Heidel. 1 4 Bd. II. S. 123.

$= 0{,}0012375 \left(1 - \frac{n}{336}\right)$ seyn würde. Es belohnt sich
der Mühe nicht, auf den jederzeitigen Barometerstand
ie Temperatur bei der Berechnung des Windstofses Rück-
:u nehmen, denn er ist ohnehin in der Wirklichkeit be-
d gröfser, als ihn die Berechnung giebt. Die Ursache
n liegt in dem Umstande, dafs die Luft, welche eine
e Zeit bedarf, um von der gestofsenen Fläche abzu-
, vor denselben aufgestauet und verdichtet wird. Da
ledingung mit der Geschwindigkeit des Windes zunimmt,
m die dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionale
ae der Kraft nicht in aller Strenge richtig seyn und pafst
ir geringere Geschwindigkeiten. Aus demselben Grunde
r aufserdem die Stärke des Stofses der Gröfse der ge-
en Flächen nicht proportional, sondern wächst mit den-
in einem noch nicht genau aufgefundenen Verhältnisse.
DE BORDA überzeugte sich bei seinen Versuchen, dafs
aft des Windes in einem gröfseren Verhältnisse wachse,
geraden der ihm ausgesetzten Flächen, uud zu eben
Resultate gelangten auch andere, namentlich JAMES
N[1]. Letzterer fand durch genaue Versuche mit zwei
n, deren eine 17,75, die andere 32 Quadratzoll mafs,
Verhältnifs also nahe 5 zu 9 betrug, bei einer Ge-
digkeit des Windes von 20 Fufs in 1 Sec. die Kraft
ofses = 1,196 und 2,542 Unzen, welches das Verhält-
zu 17, also ein um etwa $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{5}$ gröfseres giebt, als
Flächen. Man kam daher bald zu der Ueberzeugung,
e Kraft des Windstofses durch Versuche gefunden wer-
isse.

5) Abstrahiren wir von den zahlreichen Versuchen, wel-
n Zwecke hatten, die Gröfse des Widerstandes aufzu-
und wobei man von der falschen Voraussetzung aus-
dafs der Stofs der Luft dem Widerstande derselben für
Geschwindigkeiten gleich sey, so verdienen hauptsäch-
gende berücksichtigt zu werden, die CHRISTIAN[2], je-
hne Angabe der Quellen, zusammengestellt und zur be-
Uebersicht auf französisches Mafs reducirt hat, von

---

[1] Philosophical and mathematical Dictionary. T. II. p. 612.
[2] Traité de Mécanique industrielle etc. Par. 1823. T. II. p. 20.

dem sie dann durch LANGSDORFF[1] aufgenommen und ver
wiedergegeben worden sind. MARIOTTE[2] mafs die Gesc
digkeit des Windes durch die von zwei in gemessenem
stande von einander stehenden Beobachtern bestimmte Zeit,
che Flaumfedern bedurften, um diesen Raum zu durch
und den Druck, welchen der Wind dann gegen ein
perpendiculär entgegengehaltenen Schirm ausübte. Nach L
DORFF's Reduction fand er den Stofs des Windes von
Geschwindigkeit gegen 0,9948 Par. Quadratfufs Fläche =
℔., und da der Kubikfufs Luft zu 0,09 ℔. Cöln. a
men ist, so wäre hiernach die Stärke des Stofses =
Kubikfufs. Hierzu gehört für eine Fläche von 0,99
dratfufs der Druck einer Luftsäule von $\frac{4,25}{0,9948} = 4,2$
Höhe. Nach der Formel ist aber diese Höhe $= \frac{v^2}{2g}$
$= 2,38$ Fufs, und diesemnach gehört für diesen
$\frac{4,27}{2,38} = 1,8$fache Geschwindigkeitshöhe. DE BORDA[3]
die Kraft des Windes dadurch zu bestimmen, dafs er
gegen die ruhige Luft mit ungleichen Geschwindigk
wegte. Hiernach fand er die Kraft des Stofses der G
Flächen nicht genau proportional, er giebt aber im
dafs für eine Fläche von 9 Zoll Quadrat bei einer Ge
digkeit von 10,66 in 1 Sec. der Stofs 0,1547 ℔.
Wird dann das Gewicht eines Par. Kubikfufs Wasser
und das spec. Gewicht der Luft $= \frac{1}{850}$ angenommen,
die Formel $k = 0,0932$, und somit verhält sich di
tisch gefundene Kraft zu der aus diesen Versuchen e
wie 1 : 1,66. Nach der oben (§. 95) mitgetheilten Tab
ROUSE[4] die der Geschwindigkeiten des Windes von
146,7 Fufs in 1 Sec. zugehörigen Kräfte an, wobei

---

1 Ausführliches System der Maschinenkunde. Heidelb.
Th. II. S. 123.

2 Oeuvres. Leide 1717. 4. T. II. p. 406.

3 Mémoires de Paris. 1763. p. 365.

4 Nach SMEATON in Philos. Trans. 1759. p. 165. Vergl.
Dict. T. II. p. 612. TH. YOUNG Lect. T. II. p. 457.

ISDORFF mit Recht bemerkt, dafs es fraglich sey, ob alle Werthe unmittelbar durch Versuche gefunden worden sind. er durch LANGSDORFF vorgenommenen genauen Berechnung leduction ergiebt sich aber, dafs die gefundenen Gröfsen alb einer sehr engen Fehlergrenze den Quadraten der Gendigkeit proportional sind. Wird dann aus allen Bestimn eine mittlere gesucht, so findet sich das Verhältnifs eoretisch bestimmten Kraft zu der durch Erfahrung gen = 1 : 1,9, also noch gröfser, als nach MARIOTTE[1]. den Versuchen, welche HUTTON[2] in den Jahren 1786, 1788 in der Militäracademie mit grofser Genauigkeit an-, fand er das Gesetz vom Quadrate der Geschwindigkeit gt, und erhielt im Mittel einen Druck von 12 Unzen ,75 ℔. gegen einen englischen Quadratfufs Oberfläche. man berücksichtigt, dafs für das Quadrat der Geschwin- des Windes und den Quadratinhalt der gestofsenen , beides nach englischem Mafs, die Reduction entbehrt i kann, so giebt die Rechnung die gesuchte Kraft nach rmel = 0,60304 Pfund, und das Verhältnifs nach diersuchen also = 1 : 1,243. Die oben bereits erwähnten he WOLTMANN's hält LANGSDORFF für die genauesten llen übrigen, weil jener sich zur Messung der Geschwinen des Windes, dessen Druckkraft gegen eine gegebene er bestimmte, seines hydrometrischen Flügels bediente. DORFF reducirte daher auch diese auf rheinländisches und findet dann, dafs die berechnete Kraft des Windsich zu der durch Versuche gefundenen wie 16 : 19 oder 1,19 verhält. Stellen wir die hier gefundenen Resultate, ien, so verhält sich der durch Rechnung gefundene Stofs indes zu dem durch Versuche gegebenen, oder der theo- zu dem empirischen

nach MARIOTTE	= 1 : 1,73
— DE BORDA	= 1 : 1,66
— ROUSE	= 1 : 1,90
— HUTTON	= 1 : 1,243
— WOLTMANN	= 1 : 1,19.

Die Berechnung, die man in genügender Ausführlichkeit in RFF's Werke a. a. O. findet, ist hier weggelassen worden.
Philosophical and mathematical Dictionary. T. I. p. 117.

Die Abweichung ist sehr bedeutend, und das Urtheil über Gewicht der einzelnen Angaben ausnehmend unsicher, weil Versuche[1], mit Ausnahme der von DE BORDA, HUTTON WOLTMANN, entweder gar nicht, oder nur im Allgemei angegeben, keineswegs aber speciell und mit Angabe der derlichen Correctionen beschrieben worden sind. Die von RIOTTE und ROUSE dürften daher wohl ganz auszuschl seyn; wollte man aber das Mittel aus denen von WOLTM und HUTTON nehmen, so gäbe dieses 1 : 1,216, und wenn die von DE BORDA hinzunimmt, 1 : 1,364. Da übrigens sowohl TON als auch DE BORDA als sehr genaue Experimentatoren bek sind, so dürfte es nicht unangemessen seyn, ihren Ver die Hälfte des Gewichts, als denen von WOLTMANN, be legen, wodurch man im Mittel aus diesen drei Versuchs das Verhältnifs 1 : 1,32 erhält, was mit dem oben von Ca aus den Woltmann'schen Versuchen allein abgeleiteten, lich 1 : 1,34 sehr nahe übereinstimmt. Betrachtet man Gröfse als der Erfahrung hinlänglich angemessen, so wer gemein die Kraft des Windes k in Pfunden nach der (I) für eine Fläche = a in Pariser Quadratfufs und ein schwindigkeit = v in Par. Fufs

$$k = 0{,}001990032\, a v^2,$$

wofür wegen der nicht mit berücksichtigten Zunahme der mit der Zunahme der Fläche füglich in runder Zahl

$$k = 0{,}002\, a v^2 \quad \ldots\ (III)$$

gesetzt werden kann. Will man dagegen aus der beo Kraft die Geschwindigkeit messen, so wäre diese

$$v = 22{,}38 \sqrt{\frac{k}{a}} \quad \ldots\ (IV).$$

wobei kaum nöthig ist zu bemerken, dafs diese Formeln

---

1 Ueber d. Versuche ist näher im Art. *Widerstand* gehandelt wo Nach ROBISON soll der Druck des Windes gegen einen engl. Q fufs Fläche, wenn v die Geschwindigkeit in 1 Sec. nach engl. M mafs bezeichnet = $16 v^2$ Grains oder in Pfunden $\frac{v^2}{500}$ seyn; erhä stimmt $0{,}00229 v^2$, wenn v bis 10 Fufs, und $0{,}002287 v^2$, wenn 100 steigt. S. YOUNG's Lectures. T. II. p. 229. Diese Bestimmung ruht indefs nicht auf eigenen Versuchen.

ährend gelten können, indem sie keineswegs mit ge-
ler Schärfe begründet sind[1].

Geographische Verbreitung der Winde.

16) Es war bisher wiederholt die Rede von Winden, die
en Gegenden vorzugsweise zugehören, und aus den im
ten Abschnitte mitgetheilten mittleren Windrichtungen
ch dieses sowohl für die genannten Orte, als auch für
gen Gegenden, in denen diese gelegen sind, entnehmen;
hen ist es sicher nicht ohne Interesse, die den ver-
nen Hauptstrecken der gesammten Erdoberfläche eigen-
hen Winde in einer allgemeinen Zusammenstellung zu
cken. Es scheint mir daher, als dürfe auch dieser Theil
sammten Untersuchungen hier nicht fehlen, und zwar
weniger, da KÄMTZ[2] das hierüber vorhandene Material
ser Vollständigkeit geordnet und zusammengestellt hat.
usführliche Behandlung dieser Aufgabe hat neuerdings
. MITCHELL[3] gegeben, allein seine Sätze sind zu all-
, und obgleich er viele Thatsachen zum Beweise der-
anführt, so vermifst man dabei eine genauere kritische
derselben, weswegen dann auch seine Folgerungen
berall zulässig sind. Folgende allgemeine Sätze sollen
ndlage des Ganzen dienen.

Auf den grofsen Oceanen bis 30° zu beiden Seiten vom
r herrschen beständige Winde, die nur in wenigen
von der östlichen Richtung abweichen. Diese Be-
g, obgleich beschränkt durch den Zusatz, dafs die Kü-

---

[1] Eine Anwendung dieser Bestimmungen auf wirkliche Fälle zur
g beobachteter Wirkungen der Stürme übergehe ich, da die
nöthigen Gröfsenbestimmungen in der Regel zu wenig genau
nd der Einfluss der rotirenden Bewegung nicht wohl zu ermit-
Im Ganzen übersieht man leicht, dafs sich die Gewalt der
hiernach füglich erklären läfst. Aufserdem gilt diese Formel
den geraden Stofs gegen ebene Flächen, gegen krumme oder
ge ist er weit geringer. Vergl. Art. *Widerstand.*

[2] Lehrbuch der Meteorologie. III Th. 8. Th. I. 1831. S. 177 bis
e hieraus entnommenen Quellen bezeichne ich durch K.

[3] Silliman's Amer. Journ. T. XIX. Daraus in Edinburgh New
Journ. Nr. XXI. p. 167. Nr. XXII. p. 288 und Nr. XXIII.

Nach einem vierten Gesetze, welches Mitchell in B
ziehung auf die herrschenden Windrichtungen aufstellt, sol
Stürme und Gewitter in der Regel zwischen Mittag und Mi
ausbrechen und mit westlichen Winden verbunden seyn. D
letztere Satz, welcher hier zunächst in Betrachtung kom
läfst sich im Allgemeinen leicht beweisen, wie vielfach a
die Abweichungen davon in einzelnen Gegenden und Jah
seyn mögen, denn bei der einmal gegebenen östlichen Rich
der Passate müssen die zwischen beiden und auch die, an d
einander entgegengesetzten Grenzen erzeugten, Wirbel noth
zunächst eine westliche Richtung annehmen, und da in
Zonen unter mittleren Breiten die rückkehrenden Passate da
herrschenden zu betrachten sind, so liegt auch hierin ein
nügender Grund, dafs die Stürme in der Regel eine we
Richtung haben. Dieses bezieht sich aber im Allgemeinen
auf ihr Fortschreiten, und leidet aufserdem auf die Bi
im atlantischen Oceane keine Anwendung, indem dies
dem, was oben hierüber mitgetheilt worden ist, in der
wo nicht allgemein eine östliche Richtung haben, bevor
Theil wohl unter Mitwirkung des hindernden Einflu
hohen Gebirge an den Westküsten America's eine Um
erleiden. In Beziehung auf die Richtung der die Stürme
denden Winde aber ist vor allen Dingen ihre wirbelnde
wegung zu berücksichtigen, und dann zeigt sich der o
bene Satz keineswegs als haltbar, da bekanntlich im W
namentlich der heftigsten Orkane der Wind sich m
und in sehr vielen Fällen die ganze Windrose zu durch
pflegt.

Wir wollen, statt dieser allgemeinen, im Ganzen m
flächlichen Bestimmungen, die an den verschiedenen Or
der Regel vorherrschenden Windrichtungen, so weit die
über vorhandenen Nachrichten reichen, etwas näher betra
wobei das allgemeine Drehungsgesetz vorzugsweise Berü
tigung verdient.

117) Im *grofsen Oceane* oder im stillen Meere g
der Störungen durch Continente und grofse gebirgige I
die auf jeden Fall weit umher zerstreut liegen, am wen
und die Winde sind daher daselbst am regelmäfsigsten;
zwischen ist auch dieses Meer verhältnifsmäfsig am wen
befahren, und Angaben über die dortigen Windverhältnisse

nur in geringer Zahl vorhanden. Nach allen Nachrichten ich aber schliefsen, dafs daselbst die Passate am regel- sten wehn. Die nördliche Grenze des NO.-Passates läfst iesemnach im Mittel unter dem Wendekreise, die südli- ıter etwa 2° N. B. annehmen, indem beide im Sommer nördlich, im Winter weiter südlich vorrücken. Hier- mmt vollkommen überein, dafs KOTZEBUE[1] diesen Pas- 23sten Sept. unter 26° 41′ antraf, weil er von seiner nmer angenommenen nördlicheren Entfernung noch nicht gekehrt war, am 16ten November aber[2] erst unter 22° B.; am 23sten März verlor er denselben[3] unter 20° eil er von seiner südlichen Abweichung noch nicht zu- tehrt war, im Mai dagegen war er schon bis zum Wen- e vorgerückt[4], im December aber zeigte er sich bedeu- idlicher. Ebenso verlor ihn VANCOUVER[5] im März un- N. B. und COOK[6] in eben dieser Jahreszeit schon unter B. Der SO.-Passat auf eben diesem Meere geht nicht nach Süden hinab, und erstreckt sich nach COOK nicht als bis 20° S. B., indem über diese Grenze hinaus die ırenden westlichen Winde herrschen, doch unterliegt er ılichen Regel, dafs er im Sommer weiter nach N., im weiter nach S. vorrückt. Diesem gemäfs traf ihn ıET[7] erst unter 16° S. B., COOK[8] aber auf seiner Tour useeland nach Otaheiti im August erst unter 19° 36′ S. December dagegen erreichte VANCOUVER[9] seine Grenze 5° 26′ S. B. und im März unter 23° S. B., KRUSEN- [10] aber im April unter 18° 45′. KÄMTZ setzt demnach el die südliche Grenze des Südost-Passates unter 21° ne nördliche unter 2° bis 4° S. B.

Entdeckungsreise in die Südsee und nach der Behringsstrafse. 1821. 4. Th. II. S. 110.

Ebend. S. 11.

Ebendaselbst. S. 98.

Neue Reise. Th. II. S. 1 u. 83. K.

Voyage. T. I. p. 191. K.

Troisième Voyage. T. IV. p. 112. K.

HAWKESWORTH Geschichte der Seereisen. Th. I. S. 344. K.

Second Voyage. T. I. p. 140. K.

Voyage. T. I. p. 94. K.

LANGSDORF's Reise. Th. I. S. 74.

118) Ungleich bekannter sind die Winde, namentlich d Passate, im *atlantischen Oceane*. Nach Rennel[1] erstre sich der Nordost-Passat daselbst von den Parallelen 28° o 30° N. B. bis zum Aequator in einem nach der Jahres verschiedenen Abstande. Die südliche Grenze desselben w von 4° bis 14° N. B., indem sie im Februar bis 4° h im August dagegen bis 12°, ja sogar 14° N. B. herabsi So traf Cook im September unter der Linie SO.-Wind, w nach er sich also dort schon im SO.-Passate befinden m im August hörte der NO.-Wind erst unter 12° N. B unter 5° N. B. traf er S.- und SO.-Winde, zwischen und 12° N. B. aber wechselnde Winde und Stürme, wa also der Zwischenraum von nicht weniger als 7 Grade Region der Calmen bilden mufste. Auf gleiche Weise Wallis im September die südliche Grenze des NO.-Pas unter 10° 30′ N. B., und von da an bis zum Aequator änderliche Winde, Cook aber fand selbst im October Grenze unter 12° N. B. und südlich von diesem Parallel ei che, veränderliche Winde, Lapeyrouse im Novembe und SO.-Winde, also den Anfang des SO.-Passat unter 14° S. B. und Kotzebue[2] verlor am 13ten Nov. NO.-Passat unter 9° 52′ N. B., kam am 18ten November ter 6° 48′ N. B. in den SO.-Passat, und erreichte d südliche Grenze am 1sten December unter 14° 40′ S Vollständiger gab Seller[3] schon im Jahre 1675 die Gr des NO.-Passates in den verschiedenen Jahreszeiten an, bezeichnete zugleich die Richtung des ihm auf seiner entgegenströmenden SO.-Passates. Hiernach fällt die sü Grenze des NO.-Passates im Januar, Februar und Mar 4° N. B., im April unter 5°, im Mai unter 6°, im Jun 8°, im Juli unter 10°, im August unter 11°, im Sept unter 10°, im October unter 8°, im November unter 6° im December unter 5°. Der SO.-Passat ist vom N bis Mai SO., im letzten Monate etwas südlich, vom Ju October aber S., im Juli und August etwas westlich, w

1 Tableaux des Vents, des Marées et des Courans. Par. 18 T. I. p. 313.

2 Dessen Reisen. Th. I. S. 104.

3 Horsburgh India Directory. 4. Lond. 1817. T. I. p. 36. Dove in Poggendorff's Ann. XXI. 181.

orgeht, dafs in der Mitte des Sommers, wenn die südliche
ıze des NO.-Passates am höchsten heraufrückt, der SO.-
at wegen der Drehung der Erde nicht blofs seine südliche
tung wieder annimmt, sondern sogar in eine westliche
geht. Zwischen beiden Passaten sollen die Winde nach
.ER veränderlich seyn, und zwar im nördlichen Theile
chen N. und NO., im südlichen zwischen S. und SO.
n. Am vollständigsten hat HORSBURGH* die Grenzen bei-
Passate zwischen 18 und 20° W. L. von G. aus den An-
ı von 149 von N. nach S. und von 88 in umgekehrter
tung segelnder Schiffe angegeben, wie folgende Tabelle

Der Nordost-Passat

onat	hörte auf Hinfahrt zwischen	Mittel	fing an Herfahrt zwischen	Mittel
r	5° bis 10° N.B.	7° N.B.	3° bis 6° N.B.	4°,5 N.B.
ar	5 — 10 —	7 —	2 — 7 —	5 —
	2,5 — 8 —	5,5 —	2 — 7 —	5 —
	4 — 9 —	6 —	4 — 8 —	5,5 —
	5 — 10 —	7 —	4,5 — 7 —	6 —
	7 — 13 —	9 —	7 — 12 —	9 —
	8,5 — 15 —	12 —	11 — 14 —	12 —
st	11 — 15 —	13 —	11 — 14,5 —	13 —
mber	9 — 14 —	11,5 —	11 — 14 —	12 —
ber	7;5 — 13 —	10 —	8,5 — 14 —	10 —
mber	6 — 11 —	9 —	7	7 —
nber	5 — 7 —	6 —	3 — 6 —	5 —

* A. a. O.

Der Südost-Passat

Monat	hörte auf Herfahrt zwischen	Mittel	fing an Hinfahrt zwischen	Mittel
Januar	0°,5 bis 4° N.B.	2°,25 N.B.	2° bis 4° N.B.	3° N.B.
Februar	2 S. — 3 —	1,5 —	0,5 — 1 —	1 —
März	1 S. — 2 —	1 —	0,5 — 2,5 —	1,5 —
April	2 S. — 2,5 —	1 —	0 — 2,5 —	1,5 —
Mai	1 N. — 4 —	2,5 —	0 — 4 —	3 —
Juni	1 — 5 —	3 —	0 — 5 —	3 —
Juli	1 — 6 —	4 —	1 — 5 —	3 —
August	3 — 5 —	4 —	1 — 4 —	2,5 —
September	2 — 4 —	3,5 —	1 — 3 —	2 —
October	2 — 5 —	3 —	1 — 5 —	3 —
November	3 — 4 —	3,5 —	3 — 5 —	4 —
December	1 — 4 —	2,5 —	1 — 4,5 —	4 —

Aus diesen vereinten Bestimmungen erhält man die Breite zwischen beiden liegenden Region der Calmen, oder der veränderlichen Winde für die einzelnen Monate.

Monat	Südl. Grenze des NO.-Passat			Nördl. Grenze des SO.-Passat			Breite der Zwischenzonen	
Januar	5°	45′	N.B.	2°	45′	N.B.	3°	0
Februar	6	0	—	1	15	—	4	45
März	5	8	—	1	15		3	45
April	5	45	—	1	15	—	4	30
Mai	6	30	—	2	45	—	3	45
Juni	9	0	—	3	0	—	6	0
Juli	12	0	—	3	30	—	8	30
August	13	0	—	3	15	—	9	45
September	11	45	—	3	0	—	8	5
October	10	0	—	3	0	—	7	0
November	8	0	—	3	45	—	4	15
December	5	30	—	3	15	—	2	15

Bestimmt man die Grenzen nach den Jahrszeiten, so erhält man folgende Gröfsen.

Jahreszeit	Grenze des NO.-Passat			Grenze des SO.-Passat			Breite der Zwischenzone	
Winter	5°	45′	N.B.	2°	25′	N.B.	3°	20′
Frühling	5	47	—	1	45	—	4	2
Sommer	11	20	—	3	15	—	8	5
Herbst	9	45	—	3	15	—	6	40
Jahr	8	12	—	2	20	—	5	52

r Zwischenzone, namentlich an der Goldküste Africa's, hen vom Anfange des Monats April an bis Ende Juni gsweise SW. und SSW.-Winde; auch sind Stürme da- nicht selten, die aber auf offener See nur 1 bis 2 Stun- in der Nähe des Landes dagegen länger dauern[1]. Die mungen der Grenzen beider Passate durch HORSBURGH uf so zahlreiche Beobachtungen gegründet, dafs es keiner gen bedarf. Inzwischen möge hier noch angeführt wer- dafs D'APRÈS[2] folgende südliche Grenzen des NO.-Pas- angiebt.

Im Januar und Mai zwischen	6°	und	4°	N. B.
— Februar	3	—	5	—
— März und April . . .	5	—	2	—
— Juni	bei	10		
— Juli, Aug., Sept. zwischen	13	—	14	

19) Die auffallende Erscheinung, dafs die Nordgrenze des assates bis über den Aequator hinaufgeht, hat man aus öfseren Wärme der nördlichen Halbkugel abzuleiten ge- und namentlich nimmt PREVOST[3] dieses Verhältnifs : 9 an, wodurch die Grenze beider Passate in 5° 12′ N. B. würde. Abgesehn davon, dafs dieser Satz namentlich in ung auf das Meer und die äquatorische Zone keineswegs end begründet ist[4], wenn gleich durch die gröfsere Län- sse der nördlichen Halbkugel mehr Wärme entwickelt so bemerkt KÄMTZ mit Recht, dafs dann das Nämliche.

---

[1] ROMME Tableaux u. s. w. Th. I. S. 27.
[2] Nach DOVE in Poggendorff's Ann. XXI. 181.
[3] Journ. de Phys. T. XXXVIII. p. 365 ff.
[4] Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. p. 430.

auch im stillen Ocean statt finden müfste, wogegen aber d
so eben mitgetheilten Bestimmungen streiten. Aufserdem ei
würde hieraus folgen, dafs auch im Winter die mittlere Te
peratur der nördlichen Halbkugel die der südlichen übertref
müfste, was wohl niemand zugeben wird. Ungleich wah
scheinlicher ist es dagegen, dafs die Umgebung des atlantisch
Oceans in der tropischen Zone diese Anomalie erzeugt, w
Rommel[1] und v. Humboldt[2] annehmen. Zu den Haupt
dingungen gehört die grofse Bergkette des diesseits vom A
quator liegenden Theiles von Südamerica, von welchen h
die kälteren Luftmassen dem ohnehin stark erwärmten Ä
zuströmen, und daher die andringenden nördlichen Luft
mungen zurückdrücken müssen, die Configuration der We
küste Africa's, wonach die südliche Luftbewegung frei bis z
Golph von Guinea über den Aequator hinaus gelangt, der
diesem Meeresbecken nach den Antillen gerichtete warme W
strom, und die ausgedehnte, unaufhörlich stark erwärmt
hara, an deren südlicher Grenze sich eine Hochebene h
die der freien nördlichen Luftbewegung ein Hindernifs e
genstellt.

Zwischen beiden Passaten des atlantischen Oceans h
vorzugsweise mäfsiger Wind bei stets heiterem Himmel, w
selten trifft man daselbst unregelmäfsige Winde mit Regen
Sturm, wie zur grofsen Verwunderung der Schiffer ausna
weise im Jahre 1803 unter 14° N. B. und 46° W. L. v
Greenwich der Fall war, denn in diesem Meeresbecken i
stets so ruhig, dafs die Seefahrer ihm den Namen Golf
Frauen (*el Golfo de las Damas*) geben[3], weswegen die
Ostindien segelnden Schiffe von Madera aus hier hindurch
der Küste von Brasilien steuern.

120) Auf dem indischen Meere werden die Windver
nisse ausnehmend durch die ungleiche Beschaffenheit der
selbe einschliefsenden grofsen Ländermassen bedingt, die
sate treten daher nicht rein auf, sondern gehn nach der w
selnden Erwärmung in die Mussons über. An der westl
Seite des grofsen Meeresbeckens liegt die mit hohen Berge

1 Tableaux des Vents. cet. T. I. p. 314.
2 Voyage. T. II. p. 6. K.
3 v. Humboldt Voyage a. a. O.

s Ostküste des südlichen Africa's und die gebirgige Insel
ascar, an der nördlichen Seite treffen wir die ausgedehn-
ndigen und vegetationsleeren Ebenen Arabiens, die sich
ch Afghanistan erstrecken, und an die riesenmäfsig sich
nden Centralgebirge Asiens grenzen. Auf der indischen
sel diesseits des Ganges fällt das Land an den Küsten
alabar steil ab, anstatt dafs die Küste Coromandel sich
dem Golph von Bengalen hin allmälig verflacht. Die öst-
ostindische Halbinsel ist hinlänglich ausgedehnt und mit
ien Bergen bedeckt, dafs hieraus ein merklicher Einfluſs
e Windrichtungen erwachsen mufs, das chinesische Meer
t nicht fern von den Küsten des Continentes eine Menge
nter Inseln, namentlich die zu Japan gehörigen, unter
equator selbst aber liegen viele, zum Theil mit sehr
Bergen versehene Inseln, als namentlich Sumatra, Java,
, Celebes und andere. Alle diese Bedingungen stören
elmäfsigen Passate, und verwandeln sie auf der nördli-
albkugel in Mussons; auf der südlichen dagegen ist zwar
inea und vorzüglich Neuholland nicht ohne Einfluſs, je-
icht von einem solchen, welcher in gleichem Grade den
assat auf dem Meere aufzuheben vermöchte.

1) Den Uebergang der Passate zu den *Mussons* hat
sehr lichtvoll aus einander gesetzt. Nach ihm sind die
s nichts anderes als Passate, welche an den nämlichen
zu verschiedenen Zeiten ebenso wechseln, als dieses an
edenen Orten zu der nämlichen Zeit statt findet. Wenn
h der NO.-Passat den Aequator überschreitet, so mufs
Folge der Erdrotation durch N. in NW. übergehn, und
der SO.-Passat durch S. in SW. Wenn man aber
h berücksichtigt, dafs die oben abfliefsenden und zu-
hrenden Aequatorialströme auf der nördlichen Halbkugel
V.- und auch der südlichen als NW.-Winde zum Vor-
kommen, so entstehn hierdurch die drei Zonen, die der
tillen, wenn diese anders existirt, da sie auf jeden Fall
chmal ist, die der regelmäfsigen Passate, und die der
hrenden Passate, wo bei niedrigem Stande der Sonne die
schläge herrschen. Durch den Wechsel der Windstillen
en Passaten entstehn denn zwei Classen von Winden,

Poggendorff's Ann. XXI. 192.

zuerst die *intermittirenden*, wenn die Passate mit den Win stillen wechseln, wobei die ersteren mit heiterem Himmel. d letzteren mit Regengüssen verbunden sind[1], und zweitens d *alternirenden*, wenn der eine Passat mit dem andern wech Diese letzteren sind es, welche im indischen Meere als d bekannten Mussons auftreten, doch hat die Configuration a die physische Beschaffenheit der dieselben einschliefsenden La der einen sehr bedeutenden Einfluſs auf die Entstehung u den Wechsel der dort herrschenden Winde, wie namentl Kämtz im Einzelnen genügend nachgewiesen hat.

122) Südlich vom Aequator, zwischen 10° bis 30° S. auf der ganzen Strecke von Neuholland bis Madagascar we nach Halley[2] der SO.-Passat das ganze Jahr hindurch. Di sen hatte daher Carteret[3] auf seiner ganzen Fahrt von B nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung, King[4] traf ihn Februar unter 13° S. B. und Kotzebue[5] verlor am 4ten unter 29° 19′ S. B. diesen bis dahin so treuen Begleit seiner Reise. In den Monaten vom Juni bis November sich diese Winde dem Aequator bis auf 2°, von Anfa cember bis Mai aber herrschen zwischen 3° bis 10° S. B Nordende Madagascars und zwischen 2° bis 12° S. B. in Nähe von Java und Sumatra die entgegengesetzten NW.-Wi Hieraus ersieht man also deutlich, auf welche Weise der gelmäfsige Passat in den alternirenden Musson übergeht. aber bei nördlicher Abweichung der Sonne das Festland A weniger erwärmt wird, so herrschen dann auf Bourbon Isle de France intermittirende Winde, auf der weite Lande entfernten Insel Rodriguez dagegen dauert der Passa bei südlicher Abweichung der Sonne dagegen wird Africa ker erwärmt, die Südgrenze des Passates entfernt sich vom Aequator, und der SO.-Passat weht so lebhaft a Südspitze von Madagascar, dafs er in die Strafse von Mo bique eindringt, und weit in derselben hinaufgeht[6]. In

1 Vergl. v. Humboldt in Ann. de Chim. et Phys. T. VIII.
2 Philos. Trans. 1686. N. 183. p. 158.
3 Hawkesworth Geschichte der Seereisen. Th. I. S. 442.
4 Troisième Voyage de Cook T. IV. p. 469. K.
5 Reise. Th. II. S. 144.
6 Romme Tableaux cet. T. I. p. 127.

e des Vorgebirges der guten Hoffnung zeigt sich der Wech-
der Passate und die Drehung des Windes in entgegenge-
ter Richtung, als auf der nördlichen Hemisphäre, sehr deut-
Nach den Beobachtungen von Wendt[1] herrscht daselbst
ommer (dem südlichen Sommer, also bei südlicher Ab-
hung der Sonne) SO.-Wind (der SO.-Passat), welcher
er wird, sobald er sich nördlich wendet. Sind die besten
nermonate vorüber, so folgt nach einer Windstille von
r Dauer gewöhnlich sehr mäfsiger SO.-Wind mit an-
dentlich heiterem Himmel. Der Wind nimmt zu, wenn
h östlich wendet, und ist er bis N. gekommen, so sieht
gewifs im Westen schon Wolken mit Blitzen emporstei-
und es erfolgt in weniger als einer halben Stunde ein
aus WNW., der erst abnimmt, wenn sich der Wind
24 oder 48 Stunden mehr nach Süden wendet. Bei süd-
Declination der Sonne rückt der NO.-Passat weiter ge-
üden hinab, und es herrscht zwischen 5° N. B. und dem
tor, von Sumatra bis zur Küste Africa's, ein ziemlich
äfsiger NO.-Wind mit heiterem Wetter. Aus dem
hren der Richtungen der Passate in ihrer Zwischenzone
lann erklärlich, dafs zwischen dem Aequator und zwi-
8° S. B in der Mitte des indischen Meeres, 12° bis 13°
aber unterhalb der Sunda-Inseln NW.- und SW.-
abwechselnd mit Windstillen und Stürmen herrschen,
on Romme[2] NW.-Mussons, von Le Gentil[3] SW.-
ns genannt werden. Am deutlichsten zeigt sich der Ue-
g der Passate zu den Mussons auf der Insel Sumatra,
durch den Aequator in zwei Hälften getheilt wird[4].
dlicher Abweichung der Sonne herrscht auf der nördli-
Hälfte der NO.-Passat, mit heiterem Wetter, während

Poggendorff's Ann. XXXVI. 329.
Tableaux a. a. O. p. 134.
Voyage. T. I. p. 639. K.
Nach Vaicht in Philos. Trans. 1764 herrschen in der Strafse
ncoolen an der Südwestseite von Sumatra und in der Strafse
lacca während sechs Monaten des Jahres anhaltende Winde nach
en Richtung und die anderen sechs Monate nach der entgegen-
en; die Stürme kommen meistens mit Winden, die den herr-
n gerade entgegengesetzt sind, welche letztere sich aber so-
wieder einstellen, wenn die Orkane aufhören.

auf der südlichen wechselnde westliche Winde mit Regen w
bei nördlicher Abweichung der Sonne kommt die Südhälfte
Insel in den Bereich des SO.-Passates, und die Nordhälfte
die Gegend der veränderlichen Winde. Die Mussons sind
auf beiden Hälften nur dann regelmäfsig, wenn sie auf
Meere stark wehn[1], und sie erstrecken sich mit Beibehal
dieses regelmäfsigen Wechsels über die sämmtlichen S
Inseln bis Timor[2] oder nach Horsburg[3] bis zu den M
nen. Bei nördlicher Declination der Sonne herrscht an
Südseite Javas ein Ostwind, welcher durch das Zusa
treffen der vom Südpole herbeiströmenden Luft mit der
von den Bergen der Insel herabfliefsenden entsteht, zwi
dieser Insel und Neuholland herrschen dann aber die gew
lichen SO.-Passate[4]. Nördlich vom Aequator, zwischen
Küste Malabar und Africa, weht bei südlicher Abweichung
Sonne der NO.-Passat, seines Wechsels wegen dort M
genannt, welcher näher nach den Küsten Arabiens in O.
südlich in NW. übergeht, nahe an den Küsten aber mit
Land- und Seewinden wechselt. Bei nördlicher Abw
der Sonne kommt die Zone nördlich vom Aequator zu
beide Passate, es wehn auf dem offenen Meere die SW.
sons ziemlich regelmäfsig und mit gleicher Stärke, an
Küste Malabar und der Westküste Ceylons werden sie ab
gestüm, und wechseln mit Regen und Stürmen, während
Küste Coromandel heiteren Himmel hat. Durch die B
und deren eigenthümliche Lagen werden die Winde aufg
ten, ihre Richtungen leiden eine Veränderung[5], und
mufs vorzugsweise auch bei den mit geringerer Stärke w
den Passaten und Mussons der Fall seyn. Nach Cun
Beobachtungen kommt hierbei aber der Einfluss der G
birge sehr in Betrachtung. Während in den Nachb
heifsen Monate ein kalter Wind in den südlichen Thei
Mahrattenstaaten weht, herrscht oft gleichzeitig an der W

1 Vergl. Forrest on Monsoons. p. 107. Marsden history o
matra. a. a. O. K.
2 Romme Tableaux. T. I. p. 95.
3 India Directory. T. II. p. 233.
4 S. Romme Tableaux. T. I. p. 125 sq.
5 Romme. Ebend. p. 303.
6 Edinburgh New Philos. Journ. N. X. p. 301.

völlige Windstille. Indem nämlich die Gautsgebirge und chen Theile des Landes mit Wald bewachsen und stets , also auch kälter sind, wenn namentlich bei Nacht die i Ebenen die Wärme länger beibehalten, so mufs die liesen befindliche heifsere Luft aufsteigen, und durch die igende kältere ersetzt werden. Der hierdurch erzeugte hält dann so lange an, bis er durch den mächtigern Passat, welcher insbesondere am Tage viel stärker ist, gedrängt wird. Die Gebirge des westlichen Theiles des ragen aber 2500 engl. Fufs über die westliche Küste , von letzterer her können daher die Winde nicht bis in tte des Landes dringen, die hier herrschenden West- können daher keine Seewinde seyn, wie manche glau- iuptsächlich deswegen, weil an der Küste Windstille t, weil die Seewinde durch die Gebirge zurückgedrückt , und sich nicht bis zu 2000 Fufs Höhe erheben. Jene inde im Innern des Landes müssen daher durch die Ab- der Luft über den Gautsgebirgen entstehn. Gelegent- in hier noch bemerkt werden, dafs nach dem Zeugnisse RNBULL CHRISTIE[1] in Hindostan Gewitterstürme mit nicht ebenso selten sind, als man der gewöhnlichen gemäfs zu glauben geneigt seyn dürfte, nach welcher den Tropen gar nicht, mindestens nicht in geringen hageln soll[2]. Er selbst erlebte im Mai 1823 zu Hy- unter etwa 17° N. B. ein Hagelwetter, und ein an- urde in demselben Monate, oder im Juni 1825 zu Dar- er 16° 28′ N. B. beobachtet, wo sich das nämliche Phä- im folgenden Jahre erneuerte. Diese drei Fälle waren die einzigen, die sich während seines fünfjährigen alts in Ostindien ereigneten, nach angestellten Erkun- n sammelte er aber noch verschiedene andere Zeugnisse, om Colonel BOWLER, welches selbst im Jahre 1805 ein hauer zu Trichinopoly erlebte, und von einem ander e 1817 im Goomsathale, etwa 25 engl. Meilen von , nur wenige Fufs über dem Meeresspiegel, genaue erhielt. Bei südlicher Abweichung der Sonne weht im von Bengalen der NO.-Passat oder Musson, wird aber

---

[1] Edinburgh New philos. Journ. N. XX. p. 308.
[2] Vergl. Art. *Hagel*. Bd. V. S. 45.

erst im December regelmäfsig, und dreht sich im Januar, Fe
und März zuweilen schon nach SO., oder auch nach S
ausgenommen an den Mündungen des Ganges, wo seine Ri
tung überhaupt nicht constant ist. Ebendaselbst ist e
südlicher Abweichung der Sonne mehr südlich und selbst
östlich, während im Meerbusen selbst die SW.-Masson
Zwischenzone zwischen beiden Passaten wehn. Im Allgem
erwartet man nach Williams an der Küste von Be
Stürme, wenn der Südost aufhört, leichte Winde aus allen
genden wechselnd wehn, und das Meer sehr schön mit
Seesternen bedeckt ist[1]. Weit regelmäfsiger, als in
grofsen Meeresbecken, sind die Winde im chinesischen
werden zugleich aber durch die Configuration der Läne
deutend abgeändert. Während der südlichen Abweichu
Sonne herrscht daselbst ein Nordmusson, welchen die
Malacca und Sumatra hindern, sich nach O. zu drehn.
Bai von Tonkin nimmt der Wind mehr eine nordnordö
im Golph von Siam hat er im November noch eine
Richtung, geht aber im Januar mehr nach O. über.
der nördlichen Declination der Sonne herrscht im chi
Meere ein eigentlicher Südmusson, welcher wohl ohne
durch den SO.-Passat erzeugt wird. Um diese Zeit
Wind auf Neuguinea SO., auf der Nordküste von Timor
auf Java SO. durch Winde aus NO. unterbrochen;
Molukken ist er vorzugsweise SSO., auf Amboina und
mehr O. bis SO., auf den Philippinen wird der SW.-
erst im Juni beständig, und erstreckt sich dann bis
Marianen[2]. In der Bai von Tonkin scheinen die Win
stens westlich zu seyn, im Golf von Siam zwischen S
W. zu liegen, womit das häufige Vorkommen der be
wähnten Typhons im chinesischen Meere sehr gut
kommt.

123) Die mit gar keinen oder nur wenigen und p
Unterbrechungen stets dauernden Passate, nebst den an
genden regelmäfsigen Strömungen der Luft von den P
gen den Aequator, so wie nicht minder die aus beiden
wendig folgende Umdrehung der Winde, bedingen

1 Romme Tableaux. T. I. p. 149.
2 Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 197.

i die an allen Orten herrschenden Windrichtungen, je- verden diese durch locale Einflüsse so vielfach modificirt, s oft kaum mehr kenntlich sind, und auf jeden Fall i mehrjährige genaue Beobachtungen zu Gebote stehn, nan die mittlere Richtung auffinden will. Wenn man lie Winde in der äquatorischen Zone als beständige und lnde, die unter höheren Breiten aber unregelmäfsige so ist dieses im Allgemeinen zwar richtig, darf aber o weit ausgedehnt werden, als ob bei der letzteren gar keine Regel zum Grunde läge, da diese vielmehr i im dritten Abschnitte näher betrachteten allerdings len ist. Die geographische Verbreitung der Winde über ne Erdoberfläche kann daher erst dann mit der erforder- Vollständigkeit und Sicherheit gegeben werden, wenn länglich vielen Orten genügende Beobachtungen zu Ge- hn, wobei sich die bereits nachgewiesenen Hauptursa- er normalen Windrichtungen, und die örtlichen Ursa- er Abweichungen von dem allgemeinen Drehungsge- entlicher herausstellen würden. Es läfst sich hiernach ser Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs auf der südli- albkugel auch unter höheren Breiten die Richtungen der weit regelmäfsiger sind, als auf der nördlichen, und da ar auf der letzteren in der gemäfsigten Zone ein Un- . nach den Jahreszeiten zeigt, so läfst sich mit Grunde en, dafs dieses auf der ersteren noch weit mehr der n wird, und dafs demnach die Mussons, wenn wir Winde der Jahrzeiten verstehn, dort ungleich häu- l, als man bisher annahm, obgleich es meistens schwer n regelmäfsigen periodischen Wechsel im Einzelnen hzuweisen, wenn die Zahl der örtlichen Bedingungen . In Ermangelung der erforderlichen Thatsachen, um i seiner Allgemeinheit nachzuweisen, mögen hier nur lge Einzelnheiten Platz finden.

Wenn nicht locale Hindernisse im Wege stehn, so ie Passate in Verbindung mit den Seewinden tiefer in l ein, und setzen sich daselbst fort. Am Orinoco 54′ N. B. sah v. Humboldt[1] die höheren Wolken er Richtung von O. nach W. bewegen, obgleich unten

[1] yage. T. VII. p. 211. 277.

vollkommene Windstille herrschte, und über dem Amazo
strome wehet der fortgesetzte Passat so lebhaft, dafs ma
bei den Fahrten stromaufwärts benutzt. Auf gleiche W
dringt der Ostwind zu Buenos Ayres bis zu den Ande
zu Rio de Janeiro dagegen verliert der Passat durch di
calität seinen Einflufs sehr bald, wie wir oben (§. 63) g
haben. Im mittleren Europa ist die herrschende Windrid
im Mittel die westliche, und dreht sich weiter östlich
mehr nach Norden; in den nordamericanischen Staate
schen 40° bis 44° N. B. ist die mittlere Windrichtung
westlich, wie namentlich Dove[2] aus den genauen Be
tungen an 57 Orten des Staates Newyork in den Jahre
bis 1828 und 1830 bis 1838 nachgewiesen hat, wonach
die mittlere Windrichtung S. 76° 54′ W. ergiebt, beid
fenbar eine Folge der Umkehrung des NO.-Passates.
würdig ist hierbei die durch Dove[3] gleichfalls nachge
Regel, wonach bei ungewöhnlich hoher oder niederer T
ratur in Nordamerica meistens das Gegentheil hiervon
ropa statt findet, was vielleicht daraus folgen dürfte,
vom americanischen Kältepole herabfliefsenden, auf die
herrschenden Westwinde stofsenden Luftmassen entwe
der geraderen Strecke sich über Nordamerica verbreiten,
in schieferer Richtung nach Europa gelangen. Ohne
ist wohl dieser Kältepol für das westliche Europa von
rem Einflusse, als der sibirische, obgleich auch die
merkliche Einwirkung namentlich auf die Erzeugung d
O.- und NO.-Winde, welche im Frühjahre die Ge
zeugen, nicht abzusprechen seyn dürfte. Auf manch
gedehnten Länderstrecken, insbesondere über weiten,
hen Gebirgen eingeschlossenen Ebenen sind übrigens d
chen Einflüsse so bedeutend, dafs die Wirkungen d
meinen Windströmungen durch sie ganz verschwind
lassen sich in dieser Beziehung nicht füglich die heifse
als vorübergehende Erscheinungen anführen, wohl

1 S. Lambert in Ann. de Chim. T. XLII. p. 395.

2 Repertorium der Physik. Th. IV. Berl. 1841. S. 1
Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 267.

3 Ueber die nicht periodischen Aenderungen der Tem
theilung auf der Oberfläche der Erde. Berl. 1840. II. Th.

dverhältnisse über und neben den Sandwüsten im Allge-
en, nicht zu gedenken, dafs auch die bekannten Land-
Seewinde redende Beweise hierfür geben. Wegen der
dehnten Ebenen Aegyptens wehn im nördlichen Theile
lben die Winde im Juni aus N. und NW., dann bis zur
Septembers aus N., im März und April aber aus SO., S.
SW., und man kann also annehmen, dafs neun Monate
rch die Winde daselbst im Mittel nördlich sind[1]. Ueber
ahara selbst ändern sich die Verhältnisse nach dem Stande
onne sehr bedeutend, vorzüglich wenn man als erwiesen
mt, dafs am Südrande derselben sich ein ausgedehntes
a befindet. Dieses wird bei südlicher Abweichung der
stark erwärmt, die Sahara erkaltet dagegen, und Mungo
[2] fand daher am Südwestrande der Sahara im Winter
mtheils NO.-Winde, vom Mai bis September aber SW.-
. Im Osten dieser Wüste zu Assiout fand Browne[3]
vember fast beständig NW.-Winde herrschend, und
se zeigen sich nach Rüppell[4] im Winter zu Kordofan
ongola. Ein ähnliches Verhalten findet ohne Zweifel
len ausgedehnten Ebenen Arabiens und Mesopotamiens
wie nicht minder in der Wüste Cobi, allein die Nach-
, die wir hierüber haben, sind zu vereinzelt und zu
haft, als dafs sich etwas genau bestimmtes hierüber auf-
liefse. Einzelne Angaben können leicht irre führen, und
emein geltend dasjenige darstellen, was sich nach län-
it fortgesetzten Beobachtungen nur als Abweichung von
anz anderen Regel zeigen würde. Uebrigens scheint aus
gemeinen Configuration der Länder hervorzugehn, dafs
ofse nördliche Luftströmung vom sibirischen Kältepole
r die Ebene östlich vom Aralsee und dem caspischen
herabfliefst, dann zwischen dem Euphrat und Indus her-
d eine nordöstliche Richtung annimmt, und diejenigen
sen liefert, welche den NO.-Passat des indischen Meer-
bilden, nach ihrem Fortgange über die Sahara aber[5]

---

[1] Volney Voyage. T. I. p. 60. Denon Voyage. p. 197.
[2] Travels. p. 116. 167. u. a. a. O. K.
[3] Travels. p. 149.
[4] Reisen. S. 73 u. 163.
[5] Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1136.

sich mit dem NO.-Passate des atlantischen Oceans vereinig
dessen Rückkehr als SW.-Passat nach Europa bereits öfter
wähnt worden ist. Hieraus dürfte die für eine zwischen 20°
35° N. B. liegende Zone unglaubliche Kälte zum Theil
klärlich seyn, welche so oft in den Ländern zu beiden Se
des Indus, am Gihon, in der Umgebung von Samarcand
in der Tartarei herrscht, ja nicht selten sich über Persien
breitet.

125) Je weiter wir uns vom Aequator entfernen,
Scoresby[1] mit Recht, um so mehr werden die Winde
gelmäfsig. Allerdings läfst sich wohl eine gewisse Reg
fsigkeit der vorherrschenden Windrichtungen auffinden,
oben ausführlicher und bestimmter gezeigt worden ist, de
aber kommen zu allen Zeiten Winde aus allen Richtungen
mit sehr schnellem Wechsel vor. Es ist daher unnöthig,
dem, was oben bereits über das Verhalten der Winde
gemäfsigten Zone gesagt worden ist, noch weiter etwas
zusetzen; je mehr man sich aber der Polarzone nähert
wenn man gar in diese selbst gelangt, um desto unre
ger werden die Winde. Im Allgemeinen ist dieses
bekannt, und obgleich uns verhältnifsmäfsig nur wen
nauere Nachrichten über ihr Verhalten in den Polarzo
kannt sind, so genügt doch das, was Ross[2] und Scor
hierüber mitgetheilt haben, vollkommen, um eine Vor
von der aufserordentlichen Unstätigkeit und dem sch
Wechsel der Stärke und Richtung der Winde in jenen
den zu erhalten. Letzterer sagt: Stürme und Windstillen
seln häufig ohne Vorzeichen, starke Winde herrschen
nem Orte, und in geringer Entfernung sehr mäfsig, ein
aus Süden verschwendet seine Kräfte gegen einen
Wind, der ihm vom Eise entgegen kommt, ohne ihn zu
winden, und Schiffe, die nicht weiter von einander
sind, als im Kreise des Horizontes, unterliegen in d
Augenblicken den an Stärke und Richtung verschi
Winden. Die Hauptursache hiervon liegt in dem Ei

1 Account of the arctic Regions. Edinb. 1820. II T. 4
p. 396.
2 Appendix to the Narrative of a second Voyage etc. M
3 Account a. a. O.

ien das Meereis auf Erzeugung und Richtung der Winde
t. Wendet man sich von dieser allgemeinen Bestimmung
Einzelnen, so geht den plötzlich ausbrechenden Stürmen
iche Windstille voraus, veränderliche Brisen wechseln mit
en Windstöfsen, und es zeigt sich eine eigenthümliche
gung der See, verbunden mit Schneegestöber, wobei dicke
en mit feinem Staubschnee wechseln, die zugleich die
sphäre verdunkeln. Wird es heller, so mufs man das
nahen des Sturmes erwarten, während sich eine dem
n des Eises gleichende Helle am Horizonte zeigt, die
Richtung andeutet, und ein Brausen in den oberen Re-
i seine unmittelbare Ankunft verkündigt. Das Barometer,
hen mit dem Thermometer, leistet hierbei für die Vor-
timmung sehr wesentliche Dienste. So ereignete es sich
n April 1811 unter 70° 49′ N. B., dafs das Barometer
,88 Z. engl. bis 29,5 Z. fiel, das Thermometer aber
· 12°,22 bis — 2°,77 C. stieg, und der helle Schein
wischen NNO. und OSO. zeigte. Der Wind drehte sich
m Augenblicke von NNW. nach OSO., es schneiete
r, aber der Wind blies so heftig, dafs die gröfste An-
ng kaum genügte, die Segel herabzuziehn, um ihr gänz-
Zerreifsen zu verhüten. Der Sturm hielt 3 Tage an,
d welcher Zeit das Barometer unverändert blieb, der
aber so heftig tobte, dafs er eine 18pfündige Kanone
ob und alles vom Verdeck herabrifs. Am 17ten Mai
als das Schiff unter 76° 7′ N. B. im Eise festlag, wehte
ind stark aus NNW., am folgenden Tage trat Wind-
in, und gleich darauf ein leichter Wind, welcher von
durch W., S. und O. bis in seine ursprüngliche Rich-
inz herumlief. Unterdefs sank das Barometer, gegen
trat Windstille ein, und gleich darauf folgte ein Sturm,
lchem das Schiff nur mit Mühe und durch zeitig ergrif-
afsregeln erhalten wurde. Auch bei den Stürmen der
ne hört man zuweilen vorher das Brausen in den höhe-
gionen, und Scoresby der Vater rettete einst sein Schiff
i, dafs er es sofort aus seiner gefährlichen Lage brachte,
im Mastkorbe dieses Getöse gehört hatte. Hieraus läfst
lgern, dafs die Stürme in gröfseren Höhen zuerst be-
, was auch nothwendig der Fall seyn mufs, wenn wir
en, dafs die sie erzeugenden wirbelnden Luftsäulen keine

lothrechte, sondern eine gegen den Horizont geneigte Richtu
haben, weil die auf der Erde ihrer Bewegung entgegenstehe
den Hindernisse unten ihren Fortgang hemmen.

126) In jenen Gegenden herrschen ferner die intermi
renden Winde, bei denen einzelne Windstöfse (*Squalls*)
Windstillen wechseln. Im April 1814 z. B. unter 73°
N. B. dauerten diese Windstöfse von 5 Minuten bis zu
halben Stunde mit etwas kürzeren Zwischenräumen von Wi
stillen. Während der ersteren konnte das Schiff nur die k
sten Segel tragen, während der letzteren volle Segel, und
ses dauerte von 8 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags,
mit einem Schneeschauer plötzlich völlige Windstille e
und eine Stunde anhielt, worauf der Sturm sich mit ver
ter Stärke erhob. Um 9 Uhr Abends drehte sich der
plötzlich von NNW. bis ONO. und legte sich dann.
heftig, und daher für die Beobachtung interessant war
intermittirenden Windstöfse am 18ten April 1815 un
N. B. unfern Spitzbergen. Veränderliche und partielle
giebt es zwar in allen Gegenden, aber nirgend so
als in der Polarzone, was ohne Zweifel eine Folge der
chen Temperatur des Eises und des Meeres ist. Was
meisten auffallen mufs, ist, dafs nicht selten verschieden
selbst entgegengesetzte Winde im Bereiche des sichtbare
rizontes gleichzeitig existiren, wobei die gerade entgegen
wehenden sich in der Mitte das Gleichgewicht halten
Windstille erzeugen. So sieht man nicht selten Schiff
in nicht bedeutender Entfernung zur nämlichen Zeit ve
schiedenen Winden getrieben werden, oder Windstille
während das eine sich in einem dichten Schneeschauer
andere in heiterem Sonnenschein befindet. Unter and
Scoresby am 30sten April 1810 gleichzeitig mehrere
deren zwei mit NO., zwei andere mit O. oder ONO
mit SO. segelten, während er selbst NW.—Wind hat
gleiche Weise zeigen sich dort partielle Stürme acht
als in irgend anderen Gegenden unter niedrigern Brei
hatte unter andern sein Vater im grönländischen Meer
ganzen Tag mit heftigen Winden gekämpft, als die
legten und ein anderes Schiff sich näherte, welches ver
dafs es nur schwache Winde gehabt habe.

127) Man darf im Allgemeinen annehmen, dafs

ichen Polarzone wegen der dort herrschenden tiefen Kälte
ler ungeheuren, daselbst aufgehäuften Eismassen der Wind
it von diesen und dem gefrorenen Boden dem wärmeren
zuströmt. Im grönländischen Polarmeere sind daher
inde vorherrschend, wie oben (§. 66) angegeben worden
i Kamtschatka und in der Hudsonsbai, aus gleichen Grün-
ie vom Lande gegen das Meer gerichteten Westwinde[1],
önland wehn sieben Monate lang Nordwinde[2], und ebenso
pitzbergen, Jan Mayen und Nova-Zembla, wie dieses aus
erichten derjenigen hervorgeht, die daselbst überwintert
. Blofs im Herbst wendet sich der Wind nach den An-
von Scoresby[3], Cranz[4], Mackenzie[5] und Anderen
W. und S., und erzeugt dann die dortigen sehr heftigen
. Sind diese vorüber, so folgen die nördlichen Winde
rkem Froste, wobei indefs eine ausnehmende, die Kälte
leichternde Ruhe der Atmosphäre statt findet. Cranz
et, dafs nach den Herbststürmen oft zwei bis drei Mo-
öllige Ruhe und Heiterkeit der Luft herrscht, v. Lede-
findet den sibirischen Winter weit erträglicher, als den
ainder hohen Breiten, weil Windstille und heiterer Him-
rscht, die Theilnehmer an den Expeditionen von Parry
oss klagten über empfindliche Kälte nur dann, wenn der
wehte, und Guthrie[7] bemerkt, dafs in den nördlichen
ten Rufslands Hagelschauer und Stürme im Winter unter
lenheiten gehören, indem die Natur ihre Gaben überall
äfsig vertheilt zu haben scheine, sofern in den nördli-
legenden anhaltende Heiterkeit des Himmels zum Ersatz
chlichen Erzeugnisse diene, welche die Hitze der Sonne
der äquatorischen Zone hervorrufe, die aber häufig auch
eute verheerender Stürme würden.

---

[1] Pennant's arctic Zoologie. p. CXIII. u. 41.
[2] Middleton's Vindication. p. 201.
[3] Account cet. T. I. p. 412.
[4] History of Greenland. T. I. p. 47.
[5] Travels in Iceland during the Summer of 1810.
[6] Nach mündlicher Mittheilung.
[7] Ueber Rufslands Klima in Edinb. Phil. Trans. T. II.

E. Wirkungen der Winde.

Verschiedene ältere Werke pflegen den Untersuchung über die Winde noch Betrachtungen über den Nutzen u Schaden derselben, so wie über ihren Einfluſs auf die Ve tion und das thierische Leben hinzuzufügen, allein die P scheint mir als ernste Wissenschaft allzuweit vorgerückt seyn, um sich auf dergleichen oberflächliche, sehr beka und wenig Nutzen bringende Betrachtungen einzulassen. W tiger dagegen ist der Zusammenhang der Winde und W richtungen mit sonstigen zur Meteorologie gehörigen Er nungen. Dahin gehört vorzüglich der Einfluſs der Win den Luftdruck, die Temperatur und die wässerigen Nie schläge, wovon hier noch mit wenigen Worten die Rede möge, da die Hauptsachen schon früher ausführlich abgeha worden sind.

128) Es war bereits wiederholt die Rede von ungew lich tiefen Barometerständen bei heftigen Stürmen, und betrachtet ein schnelles und starkes Fallen des Quecksilb ein so sicheres Zeichen heftiger Winde, daſs sogar in wöhnlichen Barometerscalen am tiefsten Puncte die Be nung: Sturm, haben. Aus der oben im ersten Abschnitt gebenen Theorie könnte man folgern, daſs der Barometer allezeit der Geschwindigkeit des Windes correspondire, dieses stimmt mit der Erfahrung nicht überein, theils w der drehenden Bewegung der Luftmassen, theils wegen Trägheitsgesetzes, vermöge dessen die einmal in Bew befindliche Luft in diesem Zustande beharret, wonach es also ereignen kann, daſs zwei entgegengesetzte Winde einander stoſsen, die zwischen ihnen befindliche ruhende mit dem Unterschiede ihrer Geschwindigkeiten bewegte zusammendrücken, und auf diese Weise ein Steigen des B meters hervorbringen. Hiervon abgesehn folgt aber theore daſs solche Luftmassen, die bei ihrem Fortschreiten abge werden, und dadurch an Elasticität abnehmen, ein Sinken Barometers veranlassen müssen, mit umgekehrtem Erfolge denen, die sich mehr erwärmen; und es läſst sich schlieſsen, daſs auf der nördlichen Halbkugel südliche W ein Sinken, nördliche dagegen ein Steigen des Barometers beiführen. Darf dieses als sicher begründet gelten, so l

auch umgekehrt vom Barometerstande auf die herrschende idrichtung schliefsen, und man erhielte hiernach die *baro-ische Windrose*, eine Bezeichnung, die, so viel ich weifs, st durch Dove eingeführt worden ist. Ueber die Sache selbst bereits oben[1] die Rede, und es genügt daher, hier nur nige nachzutragen, was seitdem neu hinzugekommen ist.

129) Sehr merkwürdig ist das Resultat, welches Kupffer[2] ler Zusammenstellung der Barometer- und Windbeobach-n zu Petersburg in den Jahren 1822 bis 1835 erhal-at. Hiernach waren die mittleren Barometerstände in eng-n Zollen.

i N.-Wind	29,917	bei S.-Wind	29,925
- NO. —	30,006	— SW. —	29,424
- O. —	30,007	— W. —	29,908
- SO. —	30,016	— NW. —	29,833.

Windstille war die Höhe der Quecksilbersäule 30,048, und iebt sich daher hieraus, dafs dort alle Winde deprimi-auf das Barometer wirken, und zwar am stärksten die W., am wenigsten die aus SO. wehenden. Im westli-nd mittleren Theile Europa's dagegen gehören den süd- und westlichen Winden die niedrigsten, den nördlichen stlichen dagegen die höchsten Barometerstände zu, doch selbst einzelne Jahre nicht unbedeutende Abweichungen ieser allgemeinen Regel. Zum Beweise können die noch erwähnten Resultate der Beobachtungen dienen, welche ell[3] in den Jahren 1831 und 1832 zu Neustrelitz an-t hat. Hiernach war die Abweichung vom Mittel in inien für die einzelnen Winde:

Jahr	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
831	1,81	1,20	0,58	0,00	—0,83	—1,78	—0,41	0,52
832	0,96	1,75	1,30	0,12	—0,90	—1,15	—0,34	—0,41
littel	1,38	1,48	0,94	0,06	—0,87	—1,47	—0,38	0,06

[1] S. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1960. *Barometer*. Bd. I. S. 935.
Biblioth. univ. de Génève. 1839. N. 41. p. 176. Edinb. New ourn. N. LV. p. 83. Entnommen aus Kupffer et Wisniewski ations météorol. faites à l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersburg. 2 — 1834. Pet. 1835. 4.

Berghaus Ann. der Erd- und Völkerkunde. 1833. N. 94 bis 96.

Zu den Orten, für welche die den verschiedenen Windrichtungen zugehörigen Barometerstände bereits angegeben worden sind, können noch die von Dove[1] für Bützow, Petersburg und Reikiavig, und von O. Eisenlohr[2] für Danzig[3] berechneten und die verbesserten für Carlsruhe hinzukommen, die letzten auf 12°,5 C. Temperatur reducirt.

	Bützow Par. Lin.	Petersburg engl. Zoll	Reikiavig Par. Lin.	Danzig Par. Lin.	Carlsruhe Par. Lin.
N.	338‴,79	28″,065	332‴,94	338‴,70	334‴,2
NO.	38,21	28,148	32,01	38,64	34,5
O.	38,35	28,149	31,99	38,77	34,51
SO.	36,22	28,158	32,03	38,78	33,50
S.	35,36	28,072	31,11	37,73	32,78
SW.	35,90	28,071	30,65	36,34	33,3
W.	36,97	28,054	33,46	37,15	33,6
NW.	37,86	27,986	33,83	37,91	34,3

130) Der Einfluss der verschiedenen Windrichtungen auf den Stand des Barometers wird nur durch Vereinigung vieler Beobachtungen gefunden, und es geht schon hieraus hervor, dass in einzelnen Fällen diejenigen Winde die Höhe der Quecksilbersäule vergrößern müssen, welche sie im Ganzen vermindern, und umgekehrt. Hierbei dringt sich von selbst die Frage auf, ob diese Ausnahmen von der im Allgemeinen bestehenden Regel nur an einzelnen Orten statt finden, oder über größere Strecken verbreitet sind. Die Beantwortung dieser Frage würde über die Gesetze der Windrichtungen vieles Licht verbreiten, und es ließen sich hierfür wohl Thatsachen aus der Zusammenstellung gleichzeitig an verschiedenen entlegenen Orten angestellter Beobachtungen der Barometerstände und Windrichtungen, namentlich aus den Mannheimer Ephemeriden, entnehmen. Doch dieses würde eine weitläuftige Arbeit erfordern, wozu hier der geeignete Ort nicht ist, und außerdem lassen sich vor

1 Repertorium. T. IV. p. 205.

2 Untersuchungen über den Einfluss des Windes u. s. w. 1827. 4. S. 40.

3 Beob. von Kleefeld von 1813 bis 1827. S. Poggendorf XXXI. 465.

iten schärferen und zweckmäfsiger eingerichteten Beobach-
n ungleich genauere Resultate erwarten[1]. Es möge daher
nfig genügen, hier die Aufgabe in Anregung gebracht zu
, und noch folgende Bemerkung hinzuzufügen. Quete-
, von dessen eifrigen Bemühungen um Aufhellung der
rologischen Probleme sich mit Grund reiche Früchte er-
n lassen, hat die Beobachtungen vom 21sten Juni 1841
t verschiedenen Orten zusammengestellt, und erhielt hier-
ür diesen Tag ein Steigen des Barometers im nördlichen
pa, hauptsächlich in Holland und Belgien, was aber in
ittle Frankreichs und in Italien nicht der Fall war. Lyon
n der Hauptsitz von zwei vorzüglichen atmosphärischen
gungen zu seyn, deren eine zwischen 5 und 6 Uhr
ds, die andere um 2 Uhr des andern Nachmittags statt
Die eine zeigte sich im südlichen Frankreich, zugleich
nis und an einigen noch nördlichern Orten, und fiel
würdiger Weise mit einer Afficirung der magnetischen De-
ion zu Brüssel zusammen; die andere schien blofs örtlich
yn, indem sie sich nur an nahe bei einander liegenden
zeigte. Am 21sten April desselben Jahres fiel Marseille
e Grenze der auf beiden Seiten einander entgegengesetzten
sphärischen Schwankungen.

131) Mag man sich als Anhänger des allgemeinen Dre-
gesetzes der Winde bekennen, oder nur im Allgemeinen
e und äquatorische Luftströmungen annehmen, so folgt
eden Fall, dafs die aus niederen Breiten herkommenden
ter, die aus höheren dagegen kälter seyn müssen. Fänden
uftbewegungen in gerader Richtung statt, so würden die
inde Wärme, die Nordwinde aber Kälte bringen, die

Dove in Poggendorff's Ann. XXIV. 205 ff. Vergl. XI. 583. 588., hat hierüber folgende allgemeine Gesetze aufgestellt. Für eifse Zone ergiebt sich aus den zu Calcutta angestellten Beobach-n, dafs die in den Wintermonaten wehenden Winde das Barome-heben, die in den Sommermonaten herrschenden dasselbe aber drigen. In der gemäfsigten Zone sind die erhebenden Winde in ärmeren Monaten die vorherrschenden, die deprimirenden aber im r, wie dieses aus den Beobachtungen zu Paris hervorgeht. In alten Zone nach Berechnung der barometrischen Windrose für lleinsel, Winterinsel und Port-Bowen hat der Wind auf das Ba-ter keinen erheblichen Einfluss.

Bulletin de l'Acad. Roy. de Bruxelles. T. VIII. N. 9.

Ost- und Westwinde dagegen mittlere Temperatur haben; d
lein eine solche directe Bewegung findet nicht statt, und
mit dem schnellen Wechsel der Windrichtungen in den
mäfsigten und insbesondere den kalten Zonen unvereinbar.
derer Gründe nicht zu gedenken. Bestimmt man demnach
den verschiedenen Winden an gegebenen Orten zugehö
Temperaturen, so erhält man deren von Dove so ge
thermische Windrose. Hiervon war bereits oben[1] die Re
und es sind zu den daselbst mitgetheilten Bestimmungen
so wichtige hinzugekommen, dafs ihre Aufnahme hier
wäre[2]. Um aber an einem geeigneten Beispiele zu
welchen Einfluss die Winde auf die Temperatur in den
zelnen Monaten haben, theile ich die von O. Erman
nach 45jährigen, zu Carlsruhe angestellten Beobachtungen
haltene Tabelle der den Hauptwinden zugehörigen mit
Temperaturen in Graden der 80theiligen Scale mit.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.
Januar	—1°,94	— 3,00	— 2,87	— 0,79	2,00	2,40	0,86
Februar	0,70	— 0,55	0,60	2,61	4,12	3,69	2,68
März	3,34	3,06	3,64	3,70	8,85	5,72	5,38
April	7,19	8,48	8,44	12,41	9,53	8,77	9,15
Mai	11,66	12,47	13,39	14,81	13,80	12,09	12,65
Juni	13,90	14,70	15,33	15,14	15,47	13,84	14,48
Juli	14,88	16,21	17,11	18,01	16,27	15,24	15,96
August	14,51	15,68	16,17	16,27	15,58	14,91	15,53
Sept.	11,73	12,06	13,10	12,42	13,15	12,57	13,28
October	7,05	7,35	7,60	9,38	9,94	8,94	9,06
Nov.	2,57	2,05	1,97	4,30	6,22	5,35	4,92
Dec.	— 0,70	—1,58	— 0,43	1,51	4,05	3,60	3,05
Winter	— 1,13	— 1,85	— 1,07	0,85	3,51	3,26	2,26
Frühl.	7,49	7,81	8,69	11,42	11,09	8,83	9,26
Sommer	14,38	15,50	16,12	16,80	15,81	14,72	15,37
Herbst	7,33	7,14	7,60	8,79	9,54	8,69	9,39
Jahr	7,90	6,64	6,81	9,76	10,09	8,80	9,77

1 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 559. Die durch Dove zur Berechnung der thermischen Windrose benutzte, von Hällström in Poggendorff's Ann. VIII. 131 ff. aufgestellte empirische Formel findet sich ebend. S. 561. Anm. 1.

2 Neuere Untersuchungen von Dove finden sich in dessen Repertorium u. s. w. Th. IV. S. 208.

3 Untersuchungen über den Einfluss des Windes u. s. w.

die Gröfse des Einflusses, welchen die Winde auf die peratur ausüben, genauer zu schätzen, dienen die nachfol- len, für die nämliche Zeit gefundenen mittleren Tempera- 1, nebst den gröfsten positiven und negativen Abweichun- von diesem Mittel, die positiven über, die negativen unter m Mittel genommen, und den Winden, denen diese zu- ren.

Zeit	Mittel	Gröfster positiver Unterschied	Wind	Gröfster negativer Unterschied	Wind
nuar	—0°,335	2°,739	SW.	2°,666	NO.
bruar	1,919	2,206	S.	2,614	N.
ärz	4,507	4,346	S.	1,547	NO.
pril	8,543	3,965	SO.	1,350	N.
ai	12,469	2,344	SO.	0,807	N.
ni	14,300	1,169	S.	0,561	SW.
li	15,697	2,316	SO.	0,818	N.
gust	15,297	0,974	SO.	0,782	N.
ptember	12,546	0,732	W.	0,816	N.
tober	8,272	1,665	S.	1,217	N.
vember	4,055	2,169	S.	2,080	O.
cember	1,648	2,398	S.	2,080	O.
inter	1,061	2,449	S.	2,909	NO.
ühling	8,534	2,884	SO.	1,040	N.
mmer	15,110	1,695	SO.	0,729	N.
rbst	8,258	1,284	S.	1,113	NO.
r	8,288	1,807	S.	1,643	NO.

llgemeinen bringen also die nördlichen Winde Kälte, die hen dagegen Wärme. Merkwürdig hierbei ist aber, dafs Unterschiede in den Sommermonaten am geringsten, in den ermonaten am stärksten sind, und dafs namentlich die ne- n in dieser Beziehung fast ganz regelmäfsig ab- und zu- en, indem zugleich die gröfsere Kälte durch östliche le herbeigeführt wird. Sehr genau übereinstimmend mit was Dove[1] aus den zu London angestellten Beobachtun- entnommen hat, leitet Eisenlohr[2] aus seinen Untersu- gen folgende allgemeine Sätze ab:

---

[1] Poggendorff's Ann. XXXI. 561.
[2] A. a. O. 8. 58.

gabe beruht auf dem Satze, dafs das atmosphärische Fluid, welches auf das Quecksilber des Barometers drückt, aus zwei elastischen Körpern, der trocknen Luft und dem Wasserdampfe, besteht. Kennt man daher durch hygrometrische Mittel gen den Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf, und durch die Temperatur bedingte Elasticität, so wird letztere der gleichzeitigen Barometerhöhe abgezogen, und der Rest dann als Folge des Druckes der trocknen Luft zu betrachten. Hierbei tritt die Frage ein, bei welchen Winden die Elastität des atmosphärischen Wasserdampfes gröfser oder kleiner ist, und dieses giebt die atmische Windrose (von ἀτμός, Dampf, Dunst). Aus leicht begreiflichen Gründen kann die Frage nur für diejenigen Orte beantwortet werden, wo gleichzeitige, barometrische, hygrometrische Beobachtungen neben denen der Windrichtungen bekannt sind, und Dove wählt daher die durch Daniell[2] vom Sept. 1819 bis 1822 zu London angestellten. Die zur Eliminirung der gebrauchten Formeln sind folgende, wenn p den Druck der trocknen Luft, e die Elasticität des Wasserdampfes, B den Barometerstand und x den vom Nullpuncte der Windrose von N. durch O. nach S. und W. gezählten Winkel desselben bezeichnet.

$$p_{(x)} = a + a' \operatorname{Sin.}(x + \alpha') + a'' \operatorname{Sin.}(2x + \alpha'')$$

$$e_{(x)} = b + b' \operatorname{Sin.}(x + \beta') + b'' \operatorname{Sin.}(2x + \beta'')$$

$$B_{(x)} = c + c' \operatorname{Sin.}(x + \gamma') + c'' \operatorname{Sin.}(2x + \gamma'').$$

Hierin sind $p_{(x)}$; $e_{(x)}$; $B_{(x)}$ die der trocknen Luft, Wasserdampfe und beiden vereint für einen Wind von Richtung $= x$ zugehörigen Barometerstände, wonach $(p_{(x)} + e_{(x)}) = B_{(x)}$ ist. Die Gröfsen a, b, c sind die alle Winde gefundenen Mittel, die Gröfsen a', b', c' a'', b'', c'', so wie α', β', γ' und α'', β'', γ'' werden aus den Beobachtungen entnommen. Es ist dann ferner

---

1 Poggendorff's Ann. XVI. 286.

2 Aus Essay's and Observations. 2te Aufl.

$$c = a + b,$$
$$c' \operatorname{Cos.}\gamma' = a' \operatorname{Cos.}\alpha' + b' \operatorname{Cos.}\beta',$$
$$c' \operatorname{Sin.}\gamma' = a' \operatorname{Sin.}\alpha' + b' \operatorname{Sin.}\beta',$$
$$c'' \operatorname{Cos.}\gamma'' = a'' \operatorname{Cos.}\alpha'' + b'' \operatorname{Cos.}\beta'',$$
$$c'' \operatorname{Sin.}\gamma'' = a'' \operatorname{Sin.}\alpha'' + b'' \operatorname{Sin.}\beta''.$$

Daniell's Beobachtungen entnommenen Gröfsen sind:

Winde	Trockne Luft	Elast. des Dampfes	Atmosphär. Druck	Anzahl
NO.	29″,716	0″,304	30″,020	402
O.	29,674	0,334	30,008	240
SO.	29,463	0,414	29,877	333
S.	29,314	0,436	29,750	207
SW.	29,370	0,418	29,788	666
W.	29,474	0,379	29,853	654
NW.	29,547	0,331	29,881	519
N.	29,633	0,316	29,949	264

ıs entwickelten, von den Beobachtungen nur unbe-
abweichenden und daher mit Sicherheit anzuwenden-
ıeln sind, gleichfalls in englischem Mafse:

$$= 29'',52387 + 0'',18314 \operatorname{Sin.}(x + 58° 16') + 0'',05373 \operatorname{Sin.}(2x + 290° 43'),$$
$$= 0'',36687 + 0'',06675 \operatorname{Sin.}(x + 254° 58') + 0'',01172 \operatorname{Sin.}(2x + 123° 41'),$$
$$= 29'',89075 + 0'',12089 \operatorname{Sin.}(x + 49° 10') + 0'',04329 \operatorname{Sin.}(2x + 287° 9').$$

langt durch seine Untersuchungen zu folgenden, aller-
ırkwürdigen Resultaten, die jedoch nur für London
yn können, wo die Beobachtungen angestellt wor-

ıuf der Westseite der Windrose nimmt der Druck der
Luft zu, auf der Ostseite ab.
ıuf der Westseite der Windrose nimmt die Elasticität
serdampfes ab, auf der Ostseite zu.
)a auf der Westseite die Zunahme des Druckes der
Luft gröfser ist, als die Abnahme der Elasticität

des Wasserdampfes, und auf der Ostseite die Zunahme Elasticität des Wasserdampfes geringer ist, als die Abn des Druckes der trocknen Luft, so steigt das Barometer, ches beide Veränderungen zugleich angiebt, mit westl Winden, und sinkt mit östlichen.

134) Für Halle hat Kämtz[1] aus seinen Beobachtungen den Jahren 1834 bis 1837 folgende atmische Windrose f funden:

NO. . . .	2‴,91	SW. . . .	3‴,31
O. . . .	3,06	W. . . .	3,22
SO. . . .	3,24	NW. . . .	3,06
S. . . .	3,47	N. . . .	2,98,

wonach also die Elasticität des atmosphärischen Wasserd bei NO.-Wind ihr Minimum hat, dann mit der regelm Drehung der Winde steigt, bei S. ihr Maximum erreic bis zum Anfangspuncte regelmäfsig abnimmt.

135) Hygrometrische Messungen sind ungleich s als die Bestimmungen der Reinheit oder Trübung des verbunden mit gleichzeitigen Beobachtungen der Wi gen, und es unterliegt zugleich keinem Zweifel, dafs s aus diesen die atmische Windrose für die gegebenen O den läfst. Letzteres ist namentlich durch Eisenlohr Carlsruhe nach 45jährigen Beobachtungen geschehn. Hi war die den verschiedenen Winden zugehörige mittler bung:

---

1 Dove's Repertorium. Th. IV. S. 245.

2 Untersuchungen über den Einfluss des Windes u. s. w. B

Zeit	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
anuar	2,98	2,27	2,06	2,80	3,27	3,31	3,22	3,13
ebruar	2,41	1,87	2,09	2,47	3,12	3,13	3,03	3,12
lärz	2,63	1,31	1,34	1,92	2,64	2,97	2,78	2,82
pril	2,12	1,37	1,52	1,82	2,71	2,71	2,62	2,58
lai	2,27	1,39	1,15	1,90	2,44	2,69	2,45	2,24
uni	2,07	1,38	1,33	2,27	2,57	2,74	2,43	2,23
uli	2,00	1,12	1,17	1,52	2,17	2,61	2,32	2,13
ugust	1,72	1,08	1,00	1,84	2,11	2,42	2,35	1,87
eptember	1,91	0,92	0,94	1,77	2,12	2,65	2,49	2,40
ctober	2,53	1,82	1,63	1,57	3,68	2,76	2,70	2,75
lovember	2,96	2,44	2,33	2,75	3,06	3,21	3,13	3,15
ecember	2,68	2,64	2,53	3,20	3,26	3,37	3,26	3,10
Vinter	2,70	2,28	2,24	2,78	3,22	3,28	3,17	3,12
rühling	2,33	1,47	1,33	1,87	2,55	2,80	2,61	2,56
ommer	1,96	1,20	1,16	1,79	2,26	2,54	2,36	2,09
erbst	2,44	1,74	1,63	1,92	2,66	2,90	2,75	2,70
ahr	2,31	1,70	1,65	2,06	2,66	2,90	2,68	2,54

ebersicht ergiebt, dafs die Bewölkung unter allen Mona- . August am geringsten, im December am stärksten ist. utlichsten geht dieses aus einer Zusammenstellung der en Trübungen und der positiven sowohl, als auch der en Unterschiede dieser und der den einzelnen Winden rigen hervor, wenn die ersteren angeben, wie viel die he Trübung über der mittleren, die letzteren aber, wie e unter derselben betrug.

Zeit	Mittel	Gröfster positiver Unterschied	Wind	Gröfster negativer Unterschied	Wind
Januar	2,835	0,475	SW.	0,753	O.
Februar	2,685	0,446	SW.	0,816	NO.
März	2,397	0,577	SW.	1,053	O.
April	2,198	0,519	SW.	0,823	NO.
Mai	2,124	0,571	SW.	0,969	O.
Juni	2,197	0,547	SW.	0,866	O.
Juli	2,122	0,492	SW.	1,004	NO.
August	1,955	0,463	SW.	0,952	O
September	1,989	0,666	SW.	1,065	NO.
October	2,356	0,402	SW.	0,783	SO.
November	2,926	0,283	SW.	0,593	O.
December	3,053	0,315	SW.	0,524	O
Winter	2,866	0,410	SW.	0,629	O.
Frühling	2,239	0,559	SW.	0,905	O.
Sommer	2,091	0,447	SW.	0,934	O.
Herbst	2,427	0,471	SW.	0,796	O.
Jahr	2,403	0,495	SW.	0,754	O

Hiernach sind die Ost- und Nordostwinde die trocken Südwestwind ist aber der feuchteste; die geringste mitt wölkung fällt in den August, im September aber br Südwestwind die stärkste, der Nordostwind die geringe wölkung. Die zur Berechnung der gesuchten Gröfse wandte Formel ist mit Beibehaltung der oben gebrauch zeichnungen, wenn $C_{(x)}$ die der gegebenen Windrich gehörige Stärke der Trübheit des Himmels, C die aus obachtungen entnommene mittlere bezeichnet, c′ und c γ'' aber aus den Beobachtungen zu bestimmen sind:

$$C_{(x)} = C + c' \text{Sin.}(x + \gamma') + c'' \text{Sin.}(2x + \gamma$$

In Zahlengröfsen wird für das ganze Jahr:

$$C_{(x)} = 8{,}701 + 6{,}89897 \text{ Sin.}(x + 207° 25' + 1{,}33591 \text{ Sin.}(2x + 356° 14'$$

136) Der Einfluſs der Winde auf die Regenmenge verschiedenen Orten ist so bedeutend und daher so daſs man häufig von Regenwinden redet. Hierüber ist oben[1] gehandelt worden, und daher möge nur noch bemer

1 S. Art. *Regen*. Bd. VIII. S. 1265.

dafs sich hiernach auch eine *hyetometrische Windrose* en liefse, welcher Name indefs bis jetzt gleichfalls noch ıfgenommen worden ist. Es unterliegt hierbei keinem Zwei- fs es am zweckmäfsigsten ist, die wässerigen Meteore im einen zu berücksichtigen, weil dann die Untersuchungen ıf alle Gegenden der Erdoberfläche und zugleich auf alle eiten beziehn können. In diesem weiteren Umfange ist ıfgabe früher jederzeit aufgefafst worden und auch bei ND's[1] Angaben der Regenmengen für London ist vom Er- der sämmtlichen Hydrometeore die Rede. Aus diesen VE[2] folgende Tabelle über die den verschiedenen Win- gehörigen Regenmengen berechnet, die ich hier mit-

eit	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
ar	2,63	2,87	4,09	3,78	3,01	13,27	6,37	2,74
nar	0,51	2,06	2,24	3,54	2,44	12,49	4,86	7,53
	1,19	1,80	1,60	3,62	2,39	13,51	3,42	5,69
l	1,36	7,74	6,76	3,14	2,31	9,05	4,52	5,71
	1,71	10,66	4,65	3,47	4,47	13,17	2,55	4,21
	2,06	4,38	1,63	2,63	2,92	13,53	4,46	6,62
	0,95	3,03	3,17	2,11	2,66	16,06	10,76	9,35
ıst	1,65	3,68	1,69	4,28	2,02	16,83	4,39	14,88
ımber	2,54	4,22	1,19	4,01	3,33	17,27	7,35	7,72
ber	0,90	5,53	4,01	8,60	7,06	18,38	5,67	5,14
ımber	3,03	5,04	3,08	4,30	3,59	20,62	5,04	5,06
mber	0,46	3,70	3,03	7,40	4,12	20,85	5,79	4,75
ter	3,60	8,63	9,36	14,72	9,57	46,61	17,02	15,02
ling	4,26	20,20	13,01	9,23	9,17	35,73	10,49	15,61
ner	4,66	11,09	6,49	9,02	7,60	46,42	19,61	30,85
st	6,47	14,79	8,28	16,91	13,98	56,27	18,06	17,92
	18,99	54,71	37,14	49,88	40,32	185,03	65,18	79,40

bemerkt, dafs die hier erhaltenen Zahlen zwar nicht für genau gelten können, was schon deswegen nicht an- weil die Beobachtungen nicht für diesen speciellen Zweck llt wurden, inzwischen só viel aus ihnen unverkenn- vorgeht, dafs die gröfste Wassermenge durch Südwest-

---

[1] The Climate of London deduced from meteorological observations the metropolis and at various places around it. London 1832. 8.

[2] Poggendorff's Ann. XXXI. 572.

winde herbeigeführt wird. Eben hierzu gelangte auch O. E
SENLOHR[1] durch Zusammenstellung der Carlsruher Beobachtu
gen, und es läfst sich hierauf mit grofser Wahrscheinlichk
die Folgerung gründen, dafs dieses nämliche Gesetz für
ganze westliche Europa gilt, was dann sehr zu Gunsten
Drehungsgesetzes der Winde entscheidet, insofern daraus
vorgeht, dafs die südlichen feuchteren und wärmeren Luft
sen nach ihrer westlichen Umdrehung theils durch Wärme
lust im Allgemeinen, theils durch Vermengung mit den kä
nördlichen Luftmassen abgekühlt werden und das enthal
Wasser abgeben. EISENLOHR hat zwar die verschiedenen
ten der Niederschläge, Nebel, Regen, Schnee und Hagel,
zeln zusammengestellt, allein zugleich auch alle vereint.
Letzteres allein verdient hier aufgenommen zu werden.
der von ihm gewählten Methode sind die in der nachsteh
den Tabelle enthaltenen Zahlen die Quotienten, welche
erhält, wenn man die gesammte Zahl der beobachteten
durch die Zahl der bei ihnen eingetretenen Regen
wonach also die geringsten Werthe den gröfsten Regen
zngehören. So wurden z. B. 4594mal Nordwinde mit
gleichzeitige wässerige Niederschläge aufgezeichnet, was
ganze Jahr $\frac{4594}{840} = 5{,}469$ giebt, d. h. Nordwinde wu
5,469mal, ehe einmal ein wässeriger Niederschlag mit
verbunden war[2].

---

1 A. a. O. S. 76 ff.

2 Die andere Methode, wonach die Verhältnifszahlen de
der bei den genannten Winden statt findenden Regen ausdrück
wegen der leichteren Uebersicht den Vorzug verdienen.

Zeit	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
uar	4,81	11,57	12,06	5,10	4,56	2,64	2,84	3,19
ruar	4,67	12,85	11,44	3,80	3,77	2,67	3,47	2,92
rz	4,54	12,14	13,91	8,67	3,13	2,49	3,24	3,12
il	4,80	11,65	14,70	4,75	2,54	2,85	3,50	3,89
	5,08	10,69	27,85	4,36	3,29	2,68	4,13	5,68
i	6,41	14,60	10,26	3,33	2,44	2,69	3,37	5,07
	6,86	17,13	11,60	7,00	3,27	2,94	3,94	4,42
;ust	6,76	20,40	30,89	7,00	3,56	3,36	3,66	5,87
tember	6,67	29,31	32,30	6,67	3,92	2,85	4,32	4,62
ober	5,63	11,44	18,06	8,90	3,48	3,25	3,34	3,97
ember	5,94	7,07	9,84	6,29	2,95	2,50	3,05	5,00
ember	4,68	8,20	14,64	4,17	3,05	2,44	3,78	4,75
nter	4,72	10,43	12,67	4,38	3,60	2,57	3,32	3,52
hling	4,80	11,48	17,29	5,09	2,98	2,66	3,61	3,94
mer	6,64	16,99	14,64	5,68	3,08	2,99	3,84	4,99
bst	6,08	11,34	16,05	7,52	3,38	2,81	3,55	4,40
r	5,47	11,92	14,88	5,63	3,24	2,75	3,60	4,22

ie aus dieser Tabelle hervorgehenden Resultate lassen n deutlichsten übersehn, wenn man sie mit den mittleöfsen vergleicht, welche für alle Windrichtungen fol- sind:

Zeit	Mittel	Zeit	Mittel	Zeit	Mittel
ıar	4,160	Juli	4,280	Winter	3,915
ruar	3,923	August	4,835	Frühling	4,274
ız	4,019	September	4,928	Sommer	4,457
il	4,315	October	4,787	Herbst	4,328
	4,514	November	3,560	Jahr	4,235
i	4,305	December	3,700		

ıch sind die Hydrometeore in den einzelnen Monaten ziemleich zahlreich, am seltensten im August, September und er, am häufigsten im November, demnächst im Decemnter den Jahreszeiten hat der Sommer die wenigsten Nieläge, dann folgt der Herbst, und der Winter hat die en. Unter den Winden hat in allen Jahreszeiten der SW. eisten, dagegen der O. und im Sommer der NO.-Wind enigsten, auch bringen überhaupt die Winde der westli- Seite der Windrose die meisten, die der östlichen die wenig- Hydrometeore. Es liefse sich noch die Untersuchung an-

reihen, welche Winde am häufigsten in Stürme ausarten, al hierüber sind gelegentlich schon verschiedene Angaben be bracht worden; wollte man aber die Aufgabe bis zur Unte chung der ungleichen Stärke der verschiedenen Winde a dehnen, so fehlt es hierzu noch an den erforderlichen Be achtungen.

137) Auch der Mond soll nach SCHÜBLER[1] einen Ein auf die Windrichtungen haben, und wenn sich dieses b tigte, so würden wir hiernach auch eine *lunarische Win* erhalten. Zur Begründung jener Behauptung dienen 16 zu Augsburg angestellte Beobachtungen, aus denen fo Resultate hervorgehn, wenn zu den nördlichen Winden N., NO., zu den westlichen SW., W., NW. u. s. w. zählt und die mittleren Windrichtungen nach der Lap schen Formel gefunden werden.

Tag des	Verhältnifs der nördl. zu südl. Winden	östl. zu westl. Winden	Mittlere Windr
Neumonds	100 : 108,4	100 : 120,4	19° 0′ oder SSW.
ersten Viertels	100 : 108,8	100 : 149,4	55 58 oder SW.
zweiten Octanten	100 : 118,8	100 : 160,4	78 34 oder W.
Vollmonds	100 : 106,9	100 : 159,2	85 37 fast W.
letzten Viertels	100 : 106,9	100 : 112,8	90 0 W.

Diese Resultate sind aus folgenden beobachteten Windri gen entnommen:

Tag des	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.
Neumonds	6,5	18,5	44,5	13,0	17,0	28,0	45,0
ersten Viertels	8,0	12,5	40,0	17,0	17,5	24,5	55,0
zweiten Octanten	7,0	16,0	33,0	18,0	12,5	23,0	62,5
Vollmonds	11,5	15,5	35,5	16,5	12,5	25,0	58,0
letzten Viertels	12,0	29,5	41,5	10,5	13,5	35,0	38,5

Auch die Apsiden sollen auf die Windrichtung einen Ei ausüben, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

---

1 Untersuchungen über den Einfluss des Monds auf die Ver rungen unserer Atmosphäre. Leipzig 1830. S. 23. Vergl. Art *teorologie*. Bd. VI. S. 2052.

Tag	Verhältnifs der nördl. zu südl. Winden	Verhältnifs der östl. zu westl. Winden	Mittlere Windrichtung
Erdnähe	100 : 138,0	100 : 142,3	72° 28′ oder WSW.
der Erdnähe	100 : 93,8	100 : 160,5	90 10 oder W.
rdferne	100 : 138,0	100 : 147,4	54 8 od. SW. gen W.
der Erdferne	100 : 104,7	100 : 123,0	78 16 oder WSW.
ge nach d. E.	100 : 100,0	100 : 119,4	97 46 oder W. gen N.
ge nach d. E.	100 : 88,0	100 : 107,3	126 14 od. NW. gen W.

Beobachtungen, aus denen diese Resultate hervorgehn, sind nde, wenn wir die vorstehenden 6 Bestimmungen durch , C, D, E, F bezeichnen.

Tag	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
A	5,0	22,0	40,0	17,0	14,5	32,0	61,5	19,0
B	7,5	21,5	35,5	16,5	14,0	30,5	51,5	36,0
C	6,5	17,5	38,5	21,0	15,0	37,5	54,0	22,0
D	9,0	21,5	47,0	16,0	14,5	25,5	55,5	23,0
E	18,0	23,5	44,0	15,0	12,0	33,5	47,0	19,0
F	11,0	29,0	41,0	19,0	12,5	28,0	40,5	27,0

us diesen Bestimmungen wirklich ein Einfluſs des Mon- auf die Windrichtungen folge, ist keineswegs leicht zu heiden, wenigstens nicht durch die hier gegebenen Zu- enstellungen. Die mittlere Windrichtung zu Augsburg ist den oben angestellten Untersuchungen ohne Zweifel eine westliche, mit gröſserer oder geringerer Abweichung nach n und auch etwas nach Norden. Eben diese erhalten wir für die verschiedenen Mondphasen und die Apsiden; die gen etwas hervorstechenden Unterschiede zeigen sich beim nonde durch die stark westliche und am 3ten Tage nach Apogeum durch die überwiegend nördliche Richtung. Um hieraus auf einen Einfluſs des Mondes zu schlieſsen, müſs- die Richtungen für die gl ichen Tage, an denen kein nond und kein Apogeum statt fand, gesucht und die er- nen Resultate mit den hier gefundenen verglichen werden. aber hierbei so leicht mögliche Zufälligkeiten auszuschei- müſsten nothwendig vieljährige genaue Beobachtungen anden seyn. Weitere Untersuchungen zur Begründung

oder Widerlegung dieser Hypothese sind mir nicht bekannt geworden.

M.

Windbüchse.

Sclopetum pneumaticum; Fusil à vent, arquebuse à vent; *Air-gun*, *Wind-gun*.

Die Construction der Windbüchse beruht auf der Elasticität der atmosphärischen Luft, welche nach dem Mariotte'schen Gesetze der zusammendrückenden Kraft direct proportional ist. Dafs dieses Gesetz nicht bis zu den äufsersten Grenzen nach beiden Seiten hin gültig seyn könne, ist zwar am gehörigen Orte[1] gezeigt worden, da aber noch niemals beim Gebrauche der Windbüchsen eine Abweichung von demselben in Folge einer Verwandlung der atmosphärischen Luft in eine tropfbare Flüssigkeit entdeckt worden ist, so wollen wir einstweilen dasselbe für unsern vorliegenden Zweck als bestehend annehmen. Wir werden später auf diese Frage wieder zurückkommen. Die verdichtete Luft strömt in den leeren oder mit verdünnterer Luft erfüllten Raume nach gewissen, gleichfalls bereits untersuchten[2] Gesetzen ein und treibt dann andere Körper mit einer ihrer Elasticität proportionalen Geschwindigkeit vor sich her. Hat diese Körper einmal eine gewisse Geschwindigkeit angenommen, so werden sie diese auch nach dem Aufhören des Druckes der Luft behalten und fortgeschleudert werden, bis der Widerstand der Luft ihre Bewegung aufhebt und die Schwere sie wieder auf der Erde in Berührung bringt. Hierauf beruht die Wirkung der Windbüchsen; die comprimirte Luft vertritt bei ihnen die Stelle des aus dem Schiefspulver durch Entzündung desselben entwickelten Pulvergases und es lassen sich daher auf sie die vielfach untersuchten ballistischen Gesetze anwenden.

Der *Erfinder* der Windbüchsen ist unbekannt, doch gehören sie wohl ohne Zweifel der neueren Zeit an, denn die Alten sehr starke Zusammendrückungen der Luft ver-

1 S. Art. *Gas*. Bd. IV. S. 1035.

2 S. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 594 u. 690.

n sollten, wie Barlow[1] meint, läfst sich wohl nicht ihrer Kenntnifs des Heronsballs und Heronsbrunnens fol- ; die Absperrung der verdichteten Luft geschah bei ihnen Anwendung des Wassers, und schwerlich erlaubte ihre ge- ere mechanische Kunstfertigkeit die Construction luftdichter ien und Ventile. Hätten sie stärkere Compressionen der für sich allein gekannt, so würde sie dieses sicher zur ntnifs des Mariotte'schen Gesetzes geführt haben. Die älte- Nachricht über die Windbüchsen hat Musschenbroek[2] etheilt, indem er erzählt, es befinde sich in der Waffen- lung eines Deutschen, v. Schmettau, eine Windbüchse der Jahreszahl 1474. Ob es mit dieser Zahl, als eigentli- Jahreszahl der Erfindung, seine Richtigkeit habe, mufs auf sich beruhn, inzwischen nennen die Nürnberger Chro- ıschreiber[3] einen gewissen Hans Lobsinger (starb 1570) ınjenigen, welcher um das J. 1560 die Windbüchsen erfun- ıabe. Da Nürnberg um jene Zeit in allen Gegenständen der t, und namentlich auch der mechanischen Kunstfertigkeit, übrigen Städten voraus war, und alle neue technische lungen dort sehr bald bekannt wurden, keiner sich daher bereits gemachte leicht aneignen konnte, so darf man mit Wahrscheinlichkeit den genannten Künstler für den ersten ler halten. Bekannter wurden die Windbüchsen im Anfange 7. Jahrhunderts, indem ein französischer Künstler Marin e für Heinrich IV. verfertigte[4]. Bald nachher soll ein tler Kelner aus Nürnberg gröfsere Windbüchsen, eigent- Windkanonen verfertigt haben, deren eine nach Prin- ı in Schlesien kam, eine andere aber dem Könige DRICH August von Polen gehörte. Die letztere schofs ne Kugeln von 4 ℔. Gewicht mit solcher Gewalt, dafs uf 400 Schritt Entfernung zwei Zoll dicke Breter durch-

---

Encyclopaedia metropolitana. Art. *Pneumatics.* p. 380.

Introductio in philos. Nat. T. II. p. 860. §. 2111.

Merkwürdigkeiten d. Stadt Nürnberg. S. 732. Kleine Chronik bergs. 1790. S. 68.

Musschenbroek a. a. O. bezieht sich auf Mersenne in phaenom. natica. prop. 32, Barlow dagegen a. a. O. auf Rivaut (David rius), welcher im Jahre 1607 zu Florenz florirte, nachher Lehrer ric's XIII. wurde, und in seinen Élémens d'Artillerie diesen Marin lisieux als Verfertiger solcher Windbüchsen nannte.

bohrte[1]. In den neueren Zeiten werden sie viel und auf ve
schiedene Weise verfertigt, doch ist die Menge derselben ve
hältnifsmäfsig nicht grofs, weil sie an den meisten Orten po
lizeilich verboten sind und hinsichtlich ihrer Behandlung, ih
Bequemlichkeit und ihres Effectes den Feuergewehren w
nachstehn. Die mir, und zwar aus eigener Anschauung, b
kannt gewordenen wesentlichsten Constructionen derselben si
folgende drei, deren Unterschied nur auf der Anbringung
Behälters für die comprimirte Luft beruht.

Für die schlechteste Art halte ich diejenigen, die aus
in einander steckenden Läufen bestehen, in deren Zwisch
raume die Luft comprimirt wird. Sollen diese Läufe eine
den Luftdruck genügende Stärke der Wandungen haben,
werden sie zu schwer, auch ist es nicht ohne Schwierigkeit
so ausgedehnte Flächen völlig luftdicht herzustellen. Die L
sind meistens der gröfseren Eleganz wegen von Messing,
diejenige, die ich untersucht, aber der Gefahr wegen nie
geladen habe.

Nach einer zweiten, weit vorzüglichern Construction
die Windbüchsen ganz die Gestalt einer gewöhnlichen
Jagdflinte; vor dem Bügel aber, unter welchem sich der
ker befindet, ist eine Kugel von 3 bis 4 Zoll Durchmesser
geschraubt, welche die comprimirte Luft enthält. Diese K
läfst sich abschrauben; auch kann man die Einrichtung tre
sie abzuschrauben und in der Tasche mit sich zu tragen,
man die Waffe auf der Jagd gebrauchen und die Entst
der gefälligen Form, welche durch die angeschraubte K
nothwendig verursacht wird, vermeiden will[2].

Bei weitem am vorzüglichsten sind die sogenannten tr
Windbüchsen, wie sie namentlich in jenem Gebirgslande w
rend des französischen Krieges häufig gebraucht wurden.
übrigens von Seiten Napoleon's die Erklärung veranlafste,
diese Waffen gegen den völkerrechtlichen Gebrauch seyen.
unterscheiden sich dadurch, dafs der Kolben den Luftbe

1 Kundmanni Rariora naturae et artis. Sect. II. art. 40. V
Musschenbroek a. a. O.

2 Die Vorrichtung, die Luft in anzuschraubenden Kugeln zu c
primiren, ist nach Macbride Experim. Essays p. 81 eine Erfind
des Dr. Ellis.

t. Die ächten Windbüchsen dieser Art sind mit zwei
en versehn, deren eine angeschraubt ist, die andere aber
leserve dient, um sie an die Stelle der ersteren zu setzen,
i diese nicht mehr genügend comprimirte Luft enthält.
gewöhnlichen Windbüchsen haben Flintenläufe und die-
owohl für Schrot, als auch für Kugeln, die letztgenann-
ind aber eigentliche Kugelbüchsen mit gezogenen Läufen.
rdem haben sie ein Magazin mit 12 Kugeln denn die Luft-
ter können so viel comprimirte Luft enthalten, dafs sie für
Zahl von Schüssen ausreicht. Dieses Magazin besteht aus Fig. 205.
Röhre von dünnem Weifsblech g h, die neben dem Laufe,
n parallel, angebracht ist. Durch den Lauf A B ist dann
schliefsend, aber verschiebbar, das eiserne Parallelepipe-
nn gesteckt, welches durch den Druck der starken Feder
der durch die Zeichnung angegebenen Lage erhalten wird
n dessen Vertiefung die Kugel α liegt. Sobald man diese
hossen hat, gleichzeitig mit dem Aufziehn des Hahns,
man mit dem Daumen gegen das Ende m des Schiebers
ingt dadurch die Oeffnung unter die untere Mündung der
; die Kugel β fällt durch ihr Gewicht in die Vertiefung,
der treibt den Schieber zurück und die Büchse ist wie-
laden[1]. Man sieht, dafs bei der Schnelligkeit, womit
ieses bewerkstelligen läfst, diese Waffe unter geeigneten
nden sehr gefährlich werden kann. Es giebt aufserdem
ine dieser ähnliche, mehr als Spielerei zu benutzende
uction der Windbüchsen, wonach sie aus einem dünnen,
azierstock eingerichteten Laufe, oben mit einem kleinen
und Drücker, bestehn, dessen Krücke als Luftbehälter

as Laden der verschiedenen Luftbehälter geschieht mit-
iner einfachen Compressionspumpe, die meistens aus ei-
isernen Stiefel mit einem langen, genau schliefsenden
us an einer eisernen Stange besteht. In der Regel sind
sen oben zwei Arme angebracht, um leichter zu com-

Diese Construction des Magazins scheint mir die einfachste und
äfsigste zu seyn. Als Erfinder der Vorrichtung, ein Magazin
agen, wird ein Künstler Namens Kolbe genannt. S. Rees Cy-
ia. Art. *Air-gun*. Die Angabe ist entnommen aus Desaguliers
le Physique. T. II. Leç. XI. p. 451.

primiren, durch ein Oehr unten an der Kolbenstange ist ab
ein Querbalken gesteckt oder auf ihr festgenietet, um mit d
Füfsen auf dessen beide Enden zu treten und somit den Ba
bolus bequemer zurückzuziehn.

Alle verschieden eingerichtete Luftbehälter werden d
ein Kegelventil genau verschlossen. Dieses besteht aus ei
metallenen abgekürzten Kegel, mit dünnem Leder überzo
den man beim Verfertigen gleich anfangs so fest in die kon
Höhlung einpreſst, daſs er stets vollkommen luftdicht schl
und durchaus keine Luft neben sich entweichen läſst. Ist d
Fig. 206. Behälter nicht gefüllt, so drückt ihn die in der Zeich
sichtbare Spiralfeder s s an, beim fortgesetzten Laden wird
durch die comprimirte Luft mit stets wachsender Gewalt
fest in seine Höhlung gepreſst, daſs kein Entweichen der L
möglich ist. Zum Oeffnen desselben beim Losschieſsen d
der in der Zeichnung sichtbare stählerne Stift a, a, w
im Zustande der Ruhe die obere Fläche des Kegels ber
rührt und mit seinem anderen Ende an dem in einer Nut
schiebbaren Stücke Eisen m n festsitzt. Ist der durch ei
starke Feder gespannte Hahn zurückgezogen, so kom
durch die Spitze des über diesem Stücke in der Zeic
sichtbaren, sehr massiven stählernen Vorsprunges k w
Ende des verschiebbaren Stückes, schlägt beim Absch
des Hahns mit groſser Gewalt gegen dieses und öffnet d
das Ventil[1]. Inzwischen drückt dieser Schieber augenbl
die unter ihm liegende Feder r etwas nieder, der Vorsp
gleitet über dem Ende desselben wieder in seine anfä
Lage zurück, und die stark comprimirte Luft des B
treibt nicht blofs das Ventil, sondern mit diesem zugle
Stift und seinen Schieber mit groſser Gewalt zurück, s
nur der zum Fortschleudern der Kugel erforderliche Antei
Luft entweicht.

---

1 Bei der Betrachtung der Windbüchsen wird man ü
durch die Wahrnehmung, daſs dieser dünne, kaum 0,75 Lin. i
messer haltende Stift das Ventil aufzuschlagen vermag, was
nem ziemlich energischen Schlage mit einem mäſsig schweren
weicht. Es ist dieses als die Wirkung des bei raschem Abdrücken
Hahns sehr schnellen Stoſses zu betrachten. Mit dieser Waffe
lange Erfahrung Vertraute haben mich versichert, ein guter
schlage das Ventil stets auf, wie stark auch die Verdichtung sey

Da die Wirksamkeit der Windbüchsen von dem Grade der Verdichtung abhängt, so ist die nächste Frage, wie und zu welcher Grenze diese zu erreichen steht. Wäre das riotte'sche (richtiger *Boyle'sche*) *Gesetz* in seiner ganzen dehnung gültig, so hätte die Compression, und somit die ksamkeit, dieses Geschosses keine Grenze; da aber dieses t der Fall ist, so fragt sich nur, bis wie weit man die lichtung in der Wirklichkeit zu treiben vermag. Nehmen um einen vorläufigen Anhaltpunct zu haben, die Elasti- des bei der Explosion glühenden Schiefspulvergases im imum zu 2000 Atmosphären an, so unterliegt es keinem fel, dafs man Behälter zu verfertigen im Stande sey, wel- elbst diesen Druck auszuhalten vermögen; in der Wirk- eit wird man es aber nie bis dahin, wohl selten nur bis 100- oder 200fachen Verdichtung bringen. Aber auch ı diese erfordert sehr feste Wandungen der Behälter, und t eine unverantwortliche, man darf wohl sagen polizeilich are Nachlässigkeit, wenn Künstler nicht für hinlängliche e solcher Behälter sorgen. Nehmen wir in hier allein zu- en genäherten Werthen, die inzwischen wenigstens eini- Inhalt gewähren, den inneren Durchmesser eines gegebe- ehälters zu 3 Zoll oder ungefähr so an, dafs ein ausge- ttener, 1 Zoll breiter Streifen 9 Zoll Länge haben würde, etzen wir den Druck der Luft gegen 1 Quadratzoll = 15· o würde der Gesammtdruck einer Atmosphäre gegen einen n Streifen 9.15 = 135 ℔. und von 100 Atmosphären) ℔. betragen. Nehmen wir die Cohäsionskraft des ge- nen Kupfers, um ganze Zahlen zu erhalten, zu 40500 ℔. n Parallelepipedum von 1 Quadratzoll Durchschnittsfläche o würde dieser Druck eine Metallstärke von $\frac{40500}{13500} = 3$, on ¼ Zoll oder 4 Linien, für 200 Atmosphären 8 Linien ür 300 Atmosphären 1 Zoll erfordern. Da den Erfah- ı nach die Gefäfse beim Drucke des Wassers, und hier- uch der Luft, eine stärkere Cohäsionskraft zeigen, als e angegebene Weise gefunden wird[2], so läfst sich im- ı annehmen, dafs 4 Lin. Metalldicke bei Kupfer und

---

Vergl. Art. *Cohäsion*. Bd. II. S. 146.
Vergl. Art. *Röhre*. Bd. VII. S. 1408.

2 Lin. bei gutem Schmiedeeisen für 100 Atmosphären genügen. Eine von mir untersuchte sehr schöne kupferne Kugel hatte nur 2,5 Zoll inneren Durchmesser, fast 4 Lin. Metalldicke, an der Mitte aber, wo beide Halbkugeln zuerst zusammengeschmiedet und dann hart gelöthet waren, betrug die Metallstärke gegen einen Zoll; die Kolben der tyroler Windbüchsen haben am dickeren Ende etwa 2 Zoll, am dünneren 1,5 Zoll Durchmesser, gegen 3 Linien Metalldicke, die Ränder der zusammengebogenen Eisenplatte aber sind über einander gelegt, ernietet und dann durch Schlagloth verbunden.

Um diese Haltbarkeit mit dem Grade der Verdichtung zu vergleichen, möge Folgendes dienen. Der Druck der atmosphärischen Luft gegen 1 Quadratzoll beträgt im mittleren genommenen Werthe 15 ℔. Wäre also die untere Fläche des Embolus von der Gröfse eines Quadratzolles, so würde die Compression der Luft zum Doppelten, mithin, da stets 1 Atmosphäre von den gleichen inneren und äufseren atmosphärischen Drucke aufgeht, für eine Atmosphäre 15 ℔. betragen, ohne die zu überwindung der Reibung und zum Aufstofsen des Ventils erforderliche Kraft in Anschlag zu bringen. Für 10 Atmosphären würden also schon 150 ℔. erforderlich seyn, und ein Mann könnte dieses selbst dann nicht erreichen, wenn er auch mit seinem ganzen Gewichte auf den Kolben drücken wollte. Man wollen statt dieser Gröfse der Kolbenfläche, die man sehr leicht für Compressionspumpen überhaupt, geschweige denn für solche wählen wird, die zum Laden der Windbüchse bestimmt sind, ein anderes Maximum annehmen, bis zu welchem man wohl zu gehn pflegt, und die Fläche des Embolus auf $\frac{1}{4}$ herabsetzen, in welchem Falle der Druck einer Atmosphäre und von 10 Atmosphären 50 ℔., also eine Gröfse beträgt, welche ein starker Mann füglich durch gewöhnliches Drücken erreichen könnte, allein er würde es auch dann auf keine Weise zu 100facher, ja selbst nicht zu 50facher Verdichtung bringen, wovon jene 500, diese also 250 ℔. erforderte. Die kleinsten Flächen der Kolben betragen wohl nie weniger, als $\frac{1}{4}$ Quadratzoll, wodurch jene Gröfsen auf 250 und 125 ℔. herabsinken, die aber gleichfalls, vorzüglich mit Rücksicht auf Reibung und Adhäsion des Ventils vermittelst blofsen Druckes, auch durch den stärksten Mann nicht erreichbar sind[1]. Allein auf die

1 Beiläufig möge bemerkt werden, dafs für $\frac{1}{4}$ Quadratzoll Flä

durch gewöhnlichen, wohl gar langsamen Druck wer-
Behälter niemals geladen, vielmehr stöfst man den Em-
hnell im Stiefel nieder, und kann vermittelst solcher
r Stöfse eine ganz unglaubliche Verdichtung hervorbrin-
ein nicht eben starker, aber geübter und mit dem er-
hen Kunstgriffe vertrauter Mann vermag dann eine stär-
npression zu erreichen, als ein Athlet von herculischer
Ich selbst habe in jüngeren Jahren nie die Verdich-
zu der Grenze getrieben, dafs es mir unmöglich ge-
wäre, sie noch weiter fortzusetzen, und ein mit der
hr vertrauter Jagdliebhaber versicherte mich, er wollte
ischig machen, jeden ihm gegebenen Luftbehälter ohne
lerweitigen Mechanismus zu zersprengen, wenn dieses
ensgefahr geschehn könnte. Man hat auch Vorrich-
um mittelst eines Hebels die Compression zu bewerk-
ich habe indefs eine solche nie gesehn, halte sie auch
ierig, weil man damit nicht so bequem stofsen kann
Luft bei langsamerem Drucke leicht neben dem Kol-
eicht. Inzwischen geht hieraus so viel hervor, dafs
n die gut gemachten Behälter stark genug sind, um
Compression zu widerstehn, welche ein Mensch ohne
Vorrichtungen erreichen kann; allein die Gefahr droht
andern Seite. Wie das *Tachopyrion*[1] zeigt, wird
is zur Entzündung durch starke, und namentlich
Compression der Luft erzeugt, und es ist daher leicht
dafs das durch anhaltende Stöfse der Pumpe ohnehin
el im Behälter sich entzündet, in welchem Falle je-
der allerstärkste, nothwendig zersprengt werden mufs.
cht erfordert daher, mindestens in Absätzen, etwa von
Kolbenstöfsen, zu laden, um eine zu starke Erhitzung
den[2].

---

s der Halbmesser desselben 3,9 und für $\frac{1}{2}$ nicht völlig 2,8
t.

gl. Art. *Wärme*. Bd. X. S. 229.

utsamkeit ist allezeit anzuwenden. Ich erinnere mich, dafs
es vorigen Jahrhunderts einem Officiere zu Cassel durch Zer-
ines Behälters die sämmtlichen unteren Rippen zerrissen
d ein Mechaniker, welcher Windbüchsen verfertigte, hatte vor
ren ein ähnliches Schicksal; beide starben sehr bald an den
schrecklichen Verwundung.

Ohne eine auf genaue Gröfsenbestimmungen gegrü
Vergleichung der Windbüchsen mit Schiefspulvergewehren
zustellen, geht vorläufig so viel aus dem Gesagten hervor,
jene den letzteren allerdings nachstehn. Inzwischen folgt
aus keineswegs, dafs sie, wie Nollet[1] meint, als eine
Spielerei zu betrachten sind, weil sie weder die Bequem
keit, noch die Sicherheit und Dauerhaftigkeit gewöhn
Gewehre haben, nicht zu gedenken, dafs sie wegen des
lenden Knalles als gefährliche Waffen zu bösen Zwecken
nen können. In dieser letzteren Beziehung bemerkt Gm
richtig, dafs dieses nur ein Mifsbrauch sey, weswegen
lizeiliche Verbieten derselben sehr wohl zu rechtfertig
dafs sie aber zum Vertilgen schädlicher Thiere an solch
ten, wo man vom Pulvergeschütze Feuersgefahr fürchtet.
theilhaft gebraucht werden können. Das Laden der L
hälter ist allerdings eine mühsame und grofse Anstreng
fordernde Operation, wozu die Besitzer derselben, die
ihres nicht geringen Preises in der Regel zu den höhe
gebildetern Classen gehören werden, einen starken, m
Operation vertrauten und geübten Arbeiter anwenden
Dieser Aufwand wird durch die Ersparung des Schief
und des Reinigens der Pulvergewehre wohl ungefähr
und aufserdem ist das Schiefspulver, auch wenn es sich
im Gewehre befindet, immerhin eine Gefahr drohende S
Wollte man aber die Wirkungen der Windbüchsen
herabsetzen und sie in dieser Beziehung für eine blofse
lerei halten, so streitet dieses gegen die Erfahrung. Ich
habe sicher nicht das Maximum der Effecte erreicht, d
fähig sind, dennoch trieben die von mir geladenen Win
Bleikugeln in einer Entfernung von 120 Fufs durch
Zoll dickes tannenes Bret, die dann gegen eine noch
weiter abstehende steinerne Mauer um ¼ ihrer Dicke p
schlagen wurden, und in den Händen der tyroler S
wurden die Windbüchsen bekanntlich zu einer sehr g
chen Waffe[3]. Es wäre daher allerdings eine interessa

---

1 Leçons de Physique expér. T. III. Leç. X. Sect. I. Ch

2 Wörterbuch. A. A. Bd. IV. S. 771.

3 Die Angaben von Wolff in Voigt's Magazin Th. IV. und G. XII. 611 stimmen hiermit überein. Die Kugel drang h

das Verhältnifs ihrer Wirkungen zum Grade der Com-
on empirisch zu ermitteln, was vielleicht annähernd ge-
n könnte, wenn man nach der von Oersted zur Prüfung
Mariotte'schen Gesetzes angewandten Methode die leeren
lann die mit comprimirter Luft gefüllten Behälter wöge.
it nur ein Versuch bekannt, wobei diese Methode ange-
: wurde, welcher übrigens zu einem höchst merkwürdigen
ate führt. Der durch seine Mafsbestimmungen und son-
physikalischen Forschungen bekannte M. F. Wild[1] lud
Kolben einer guten Windbüchse so lange, bis sich das
nicht mehr öffnen wollte, und legte ihn dann in Wasser,
n seinem festen Schliefsen überzeugt zu seyn. Die Menge
rch eine gleiche Anzahl von Stöfsen eingepreſsten Luft
stets mehr ab, was aus dem Entweichen eines Antheils
dem Embolus und aus der gröfseren Dichtigkeit des
.en der unteren Fläche des Embolus und dem Ventile
bleibenden Theiles sich leicht erklären läfst. Die Vermeh-
es Gewichts des Kolbens betrug

ch den ersten	100	Kolbenstöfsen	. . .	132 Gran,
— — zweiten	—	—	. . .	96 —
— — dritten	—	—	. . .	46 —
— — vierten	—	—	. . .	38 —
Ganzen durch	400	Kolbenstöfse	. . .	312 —

iem gemessenen Inhalte des Kolbens und Lavoisier's[2]
nung des Gewichts der atmosphärischen Luft betrug die
ıtung ungefähr 36 Atmosphären. Dennoch drang die
n 34 Zoll langen Laufe geschossene, 4,5 Lin. im Durch-
haltende Kugel beim fünften Schusse auf 228 Fufs Ent-
; noch 0,75 Zoll tief in ein tannenes Bret, beim zwei-
l vierten schlug sie auf 120 Fufs Entfernung durch ein
tannenes Bret.

---

m Hebelwerk geladenen Windbüchse bei 1 Fufs Entfernung 2,5
in einen eichenen Balken und bei 200 Schritt Entfernung
as kupferne Zifferblatt am Kirchthurme; er warnt aber gleich-
der grofsen Gefahr beim Zersprengen der Behälter.
Gotha'sches Magazin. Th. VIII. St. 4. S. 59.
Traité de Chimie. T. II. p. 572.

Bei der Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit, w
eine durch comprimirte Luft fortbewegte Bleikugel erhält,
man meistens der hierüber von KARSTEN[1] aufgestellten Be
nung, welcher hierbei selbst die Untersuchungen des Jo
BERNOULLI[2] zum Grunde legte. Inzwischen ist die mit
schiedenen anderen Problemen verbundene Aufgabe von ihn
weitläuftig behandelt worden, und da sich dennoch bei den
zu berücksichtigenden Bedingungen, die keiner speciellen
gabe bedürfen, auf absolute Schärfe nicht rechnen läfst
theile ich lieber die einfachere Methode mit, mittelst de
EULER[3] zu dem nämlichen Endresultate gelangt, welches
STEN gefunden hat.

Da die Formel für alle Arten von Wurfgeschützen,
durch irgend eine expansible Flüssigkeit wirken, anw
Fig. 207. ist, so sey allgemein die Länge des Laufes AB = a
Raum, welchen die comprimirte Gasart einnimmt, AF =
Durchmesser der fortzuschleudernden Kugel, welche, in
mend an der Bewegung der sich ausdehnenden und dab
menden Flüssigkeit, als ein Theil der sich bewegenden
zu betrachten ist, = c; die Masse dieser Kugel sey n
cifisch dichter, als das Wasser, und die Elasticität des
mirten Gases sey m mal gröfser, als die der atmosphä
Luft. Man nehme dann an, dafs die Kugel durch das
sche Fluidum um irgend einen Raum, es sey dieser Fl
fortgetrieben worden sey, und suche die Höhe = h, von
herabfallend sie eine dieser gegebenen gleiche Geschwi
erhalten würde. Da die expansible Flüssigkeit sich in
nehmenden Räumen stets weiter ausbreitet, so müssen
pulsiven Kräfte sich wie die Logarithmen dieser Räu
halten. Diesemnach verhält sich der Druck der ela
Flüssigkeit in M zu dem in F wie AF : AM oder wie
es wird sich also der Druck in M zum atmosphärischen
wie $\frac{mb}{b+x} : 1$ verhalten, und weil der Druck einer Atm
einer Wassersäule von 32 Fufs äquivalent ist, so

---

1 Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. VI. Greifs
S. 572.

2 Opera. T. III. p. 81.

3 Neue Grundsätze der Artillerie von Rossa. Berlin 1745

von dem Gewichte einer Wassersäule $= \frac{32mb}{b+x}$ Fuſs
rieben werden. Bestände die Kugel vom Durchmesser
us Wasser, so würde sie einem Wassercylinder von $\frac{2}{3}c$
seyn, und wenn ihr specifisches Gewicht $= n$ gegen
r als Einheit ist, so gleicht sie einer Wassersäule $= \frac{2}{3}nc$.
nach verhält sich die forttreibende Kraft der Flüssig-
am Gewichte der Kugel wie $\frac{32mb}{b+x} : \frac{2}{3}nc$ oder wie
$\frac{b}{x)} : 1$. Den mechanischen Gesetzen nach erhält man
r die Höhe h dieser Wassersäule:

$$\partial h = \frac{48mb}{nc(b+x)}\partial x,$$

h mit x zugleich verschwindet, so ist hiervon das In-

$$h = \frac{48mb}{nc} \text{Log. nat.} \frac{b+x}{b}.$$

man aber x bis ans Ende des Laufes $= FB$, und also
$= AB = a$, so giebt dieses

$$h = \frac{48mb}{nc} \text{Log. nat.} \frac{a}{b}$$

rch Reduction auf gemeine Logarithmen

$$h = \frac{48mb}{nc} \times 2{,}302585 \text{ Log. tab.} \frac{a}{b}$$

$$= \frac{110{,}52408\,mb}{nc} \text{Log.} \frac{a}{b}$$

ländischem Fuſsmaſs. Euler nimmt statt dessen Tau-
eines rheinländischen Fuſses, und findet demnach die
von welcher eine solche Kugel in Tausendsteln eines
herabgefallen seyn müſste,

$$h = \frac{110524{,}08\,mb}{nc} \text{Log.} \frac{a}{b}.$$

ser Höhe zugehörige Geschwindigkeit v in einer Se-
ist

$$v = 250\sqrt{\frac{110524{,}08\,mb}{nc}} \text{Log.} \frac{a}{b}$$

ieder auf ganze Fuſs reducirt,

$$v = \tfrac{1}{4}\sqrt{\frac{110524{,}08\,mb}{nc}}\,\text{Log.}\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{6907{,}75\,mb}{nc}}\,\text{Log.}\frac{a}{b}.$$

Hierin ist $m = 1000$, wenn der ganze Raum AF mit Pul… erfüllt ist, welches sich in den tausendfachen Raum ausd… oder bei Windbüchsen mit tausendfach comprimirter Luft. W… dagegen nur ein Raum $= f$ damit angefüllt, so wird $m = \frac{1000\,f}{b}$ und

$$v = \sqrt{\frac{6907750\,f}{nc}}\,\text{Log.}\frac{a}{b}.$$

Hiernach verhält sich also das Quadrat der Geschwindigk… womit die Kugel sich anfangs bewegt, direct wie der Lo… rithmus des Verhältnisses $\frac{a}{b}$ oder $\frac{AB}{AF}$, d. i. der ganzen Lä… des Laufes zu dem mit dem elastischen Fluidum angefüllten R… me; zugleich aber verhalten sich die Geschwindigkeiten … die Quadratwurzeln der Compressionen oder der Dichtig… der explodirenden Gase.

Zur Anwendung dieser Formel wählt Euler ein Be… aus den durch Robins angestellten Versuchen. Hierbei … $a = 45$ Zoll; $f = b = 2\frac{1}{3}$ Zoll; $c = \frac{1}{4}$ Zoll und $n = 11.345$ die Bleikugel. Es wird dann $\frac{a}{b} = \frac{120}{7}$; Log. $\frac{a}{b} = 1{,}23401$ … $\frac{f}{c} = \frac{7}{2}$; $\frac{f}{nc} = \frac{7}{22{,}69}$; Log. $\frac{7}{22{,}69} = 0{,}4892653 - 1$. D… berechnet giebt Log. $v = 3{,}2099724$, also die Anfan… schwindigkeit $v = 1625$ Fufs. Wäre statt dessen die C… pression nur die 100fache, so gäbe dieses

$$v = 1625\sqrt{\frac{100}{1000}} = 1625\sqrt{\frac{1}{10}} = 514 \text{ Fufs}$$

als Anfangsgeschwindigkeit der Windbüchsenkugel. Kästn… setzt die Länge des Laufes $a = 48$ Zoll, den Raum der La… $b = 2$ Zoll, also $\frac{a}{b} = 24$, dessen Logarithmus $= 1{,}380$… mit dem Modulus der natürlichen Logarithmen $= 2{,}3$… multiplicirt, den Log. vulg. $= 3{,}178053$ giebt. Ferner m…

---

1 A. a. O. S. 571.

a Durchmesser der Kugel = ½ Zoll, das Wasser 800mal
rer, als Luft, das Blei 11,325mal schwerer als Wasser
nd findet dann für m = 100, also eine hundertfache Ver-
ng,

$$h = \frac{27267695}{3847} = 7088 \text{ Par. Fufs.}$$

nn g (nach der älteren Bezeichnung) = 15,1 Par. Fufs,
rd

$$= 2\sqrt{gh} = 2\sqrt{15{,}1 \times 7088} = 654 \text{ Par. Fufs.}$$

Schmidt[1] findet aus seinen Untersuchungen über die
ömungsgeschwindigkeiten der atmosphärischen Luft die
gsgeschwindigkeit der Luft für sich = 863 Fufs in 1 Sec.
eint, hiervon müsse beim Vorhandenseyn einer fortzuschleu-
n Bleikugel ¾ genommen werden, was dann die Anfangs-
vindigkeit = 647 Par. Fufs geben würde. Die Forde-
von der gefundenen Gröfse nur 0,75 zu nehmen, wenn
leikugel fortgeschleudert werden soll, ist wohl etwas zu
rlich.

ie verschiedenen, hier gefundenen Gröfsen kommen ein-
zwar ziemlich nahe, allein man gewahrt sehr bald, dafs
Bestimmung der zur Formel gehörigen Gröfsen viele
rifsheit herrscht. Namentlich ist bei den Windbüchsen
erhältnifs a : b noch schwieriger, als bei Pulvergeschossen
mbar. Wollten wir annehmen, die aus dem Behälter
nde comprimirte Luft träfe die Kugel unmittelbar bei ih-
austritte und käme an die Stelle der fortrückenden Ku-
o würde bei einer 48mal gröfseren Länge des Laufes, als
urchmesser der Kugel beträgt, b = ¾ und a = 48, also
: 48 : ¾ = 72, und Log. vulg. $\frac{a}{b}$ = 4,1599175 werden,
on dem durch Euler und Karsten Gefundenen bedeu-
bweicht. Indessen findet dieses in der Wirklichkeit nicht
vielmehr ist hinter der Kugel ein Raum vorhanden, in
en beim Oeffnen des Ventils die verdichtete Luft strömt,
dieser müfste bei jeder individuellen Windbüchse erst
sen werden. Zugleich kommt es darauf an, wie grofs die

---

[1] Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giefsen 1826. S. 223. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 601.

Menge der ausströmenden Luft im Verhältnifs zur Länge Weite des Laufes ist. Drückte z. B. die Luft mit gleich bender Elasticität so lange gegen die Kugel, bis diese zu Mündung herausfährt, was an sich unmöglich ist, so die Geschwindigkeit ungleich gröfser seyn. Dieses zeig auffallend beim *Blasrohre*, einem etwa 6 Fufs langen h nen hohlen Cylinder, dessen Dicke ungefähr 1,25 Pa. und die Weite der Höhlung etwa 3 Linien beträgt. In werden am einen Ende Thonkugeln oder kleine Pfeile was zusammengeballetem Zeuge mit einer durchgesteck sernen Spitze gelegt und durch Blasen mit dem Munde unglaublicher Weite fortgetrieben. Es ist unmöglich, die mit dem Munde bis zum Doppelten ihrer Dichtigkeit zu menzupressen; aber angenommen, dieses würde wirklich reicht, so betrüge die Anfangsgeschwindigkeit nach Eu

Formel $1625\sqrt{\frac{2}{1000}} = 72{,}6$ Fufs, ohne Reibung und stand der Luft zu rechnen. Die Geschwindigkeit der senen Thonkugeln beim Ausfahren aus der Mündung res ist indefs ungleich gröfser, denn sonst müfsten sie, sie sich durch 72,6 Fufs mit gleichbleibender Geschwi in 1 Secunde bewegten, während dieser Zeit zugleich 15 lothrecht herabsinken, was keineswegs der Fall ist Instrument unbrauchbar machen würde. Die Wirkung des rohrs beruht also offenbar darauf, dafs die zuströmende Menge von Luft die schon bewegte Kugel durch stet Impuls in gröfsere Geschwindigkeit versetzt.

Zur genauen Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der die Windbüchsenkugeln aus der Oeffnung des La gen, müfste zugleich der Widerstand der Luft im La die Reibung derselben an den inneren Wandungen des L ermittelt werden, wozu die erforderlichen Gröfsen nicht aufzufinden sind. Ist dann weiter von den Wirkungen Geschütze die Rede, so würde bei ihnen, wie bei allen auch der *Widerstand* der Luft während der ganzen Dauer Bewegung zur Untersuchung kommen. Wie schwer best dieser sey, ist oben in einem eigenen Artikel gezeigt wo Karsten[1] hat indefs nicht blofs die Geschwindigkeit der Wi

1 A. a. Orte. S. 573 ff.

isenkugeln mit Rücksicht auf den Gegendruck der Luft zu
mmen gesucht, sondern behandelt auch noch andere, mit
em Probleme zusammenhängende Aufgaben, z. B. aus der
ge des Laufes und der Dichtigkeit der comprimirten Luft
ufinden, wie viel Raum diese anfangs einnehmen müsse,
it die Kugel die gröfste Anfangsgeschwindigkeit erhalte;
r wie grofs bei denselben bekannten Gröfsen die Ventil-
ng seyn müsse; endlich wenn diese Gröfsen und alle Di-
ionen gegeben sind, wie viele Schüsse von noch genügen-
Effecte geschehn können. Dieses alles mitzutheilen scheint
unnöthig, und ich bemerke nur in Beziehung auf die
ere Aufgabe, dafs man von den beschriebenen tyroler
dbüchsen 12 Schüsse mit dem gehörigen Effecte erwartet,
dafs sie bei guter Construction und genügender Ladung
24sten Abdrücken noch auf 6 Fufs Entfernung eine Ker-
amme ausblasen sollen.

Alle diejenigen, welche mit Windbüchsen vertraut sind,
len die Erfahrung gemacht haben, dafs ihre Wirkungen
Erwartung übertreffen, und dafs sie, mit Pulverwaffen ver-
en, mehr zu leisten scheinen, als die Theorie angiebt, so
als sich bei der Unsicherheit der Messungen hierüber et-
bestimmen läfst. Nach dem, was eben über das Laden der
lter gesagt worden ist, läfst sich annehmen, dafs nicht wohl
stärkere Verdichtung, als eine 100fache erreicht wird, und
n dann die Expansion des Pulverdampfes nach Robins nur
000, nach dem sogleich folgenden Resultate der chemi-
n Analyse zu 1480, nach Hutton aber zu 2000 Atmo-
ren angenommen wird, so begreift man nicht wohl, warum
Windbüchsen in ihren Wirkungen nicht mehr hinter den
rwaffen zurückbleiben, wenn wir die hierbei allein mög-
n Schätzungen einmal als hinreichend genähert betrachten.
ton[1], welcher ohne Zweifel aus Erfahrung entscheidet,
ausdrücklich, dafs die Windbüchsen mehr leisten, als die
rie angiebt, und er leitet dieses daraus ab, dafs der Luft-
lter in der Regel sehr grofs im Verhältnifs zum Laufe ist,
vegen die Dichtigkeit der sich expandirenden Luft nur
g geringer wird und somit die Kugel bis an die Mün-
; mit wenig verringerter Kraft vorwärts treibt, statt dafs

[1] Dictionary. Art. *Air-gun*. T. I. p. 53.

das Schiefspulver einen sehr kleinen Raum einnimmt und si
daher im Laufe stark ausdehnt. Hiervon, meint er sog
komme es, dafs ein weites Gefäfs mit nur zehnfach comp
mirter Luft eine dem Schiefspulver nahe kommende Wirk
erzeuge. Ist gleich Letzteres nicht der Fall und übertrieben,
bin ich dennoch von der verhältnifsmäfsig sehr grofsen K
der Windbüchsen vollkommen überzeugt, leite diese aber
folgenden Gründen her. Die grofse und alle Bande der Co
sion überwindende Kraft des entzündeten Schiefspulvers ist
nem Zweifel unterworfen, allein sie ist hauptsächliche F
der Glühhitze bei der Explosion. Diejenigen Bestimmu
der Elasticität des Pulvergases, welche Rumford aus dem
reifsen stählerner Cylinder abgeleitet hat, beruhn auf allzu
sichern Voraussetzungen, als dafs man ihnen unbedingt
ten könnte; weit besser sind diejenigen, die aus der ch
schen Analyse desselben gefunden werden. Nach L. Gmelin[1]
1 Mafs Schiefspulver 296 Mafs Gas bei 0° C. Temperatu
0,76 Meter Barometerhöhe, was mit verschiedenen, an
den von mir angestellten Versuchen sehr nahe übereins
Hierzu kommt das durch die Glühhitze in Gas verw
Schwefelkalium mit 74 Mafs, so dafs die Gesammtmass
entstandenen Gases 370mal gröfser ist, als die Mass
Schiefspulvers. Wird dieses durch eine Temperatur von
C. in den 4fachen Raum ausgedehnt, so beträgt seine Elas
allerdings 1480 Atmosphären, eine Gröfse, die mit der E
rung übereinstimmt und durch kein anderes Medium nu
nähernd erreicht wird; allein eben hierin liegen auch d
dingungen der verhältnifsmäfsig geringeren Wirksamk
selben in Vergleichung mit comprimirter Luft. Zuerst
das Schiefspulver einen kleineren Raum ein, als die c
mirte Luft, mufs sich daher stärker ausdehnen, bis die
aus der Mündung herausfährt; seine Wirkung ist im A
wenn die Kugel in Folge der Trägheit den gröfsten W
stand leistet, am stärksten, und wird in den folgende
schnitten des Laufes schwächer. Hierzu kommt dann zw
dafs das erhitzte Gas sich sehr schnell durch den Einf
metallenen Wandungen des Laufes abkühlt, wodurch das S
felkalium seine Expansion verliert und die in eine schn

1 S. Art. *Schiefspulver*. Bd. VIII. S. 525.

verwandelten Gase die Läufe beschmuzen. Hiermit hängt
ftige Explosion zusammen, welche man beim Abschiefsen
Feuergewehrs wahrnimmt, und zwar auch dann noch
r als bei einer Windbüchse, wenn die Pulverladung we-
hrer geringen Masse eine schwächere Wirkung erzeugt,
Windbüchse. Dieser heftige Knall ist eine Folge des
ngens der umgebenden Luft in den Raum, welchen die
lirten, durch Abkühlung wieder zusammenfallenden Gase
men, und ist daher unter Voraussetzung gleicher Massen
chiefspulver minder heftig, als beim Knallgas und beim
nten Knallpulver. Allerdings ist die Kugel schon fort-
udert und hat zuweilen schon ihr Ziel erreicht, wenn
plosion erfolgt, das eigentliche Zusammenfallen, die wie-
retende Condensation der explodirenden Gase tritt also
ter ein; allein es ist doch wohl nicht zu verkennen,
us diesen zusammenwirkenden Bedingungen diejenigen
nisse erwachsen, welche verursachen, dafs das Schiefs-
, obgleich absolut weit stärker als comprimirte Luft,
h nicht im Verhältnisse seiner anfänglichen Expansion
geln so viel weiter treibt, als dieses aus dem Verhält-
er anfänglichen Expansion des Pulvergases zu der der
eoretisch folgt.

im Abschiefsen der Windbüchsen wird häufig die Ent-
ng eines mehr oder minder starken Lichtscheines wahr-
nen[1]. Da die Erscheinung keineswegs selten ist, so
n kaum voraussetzen, dafs sie den älteren Besitzern
Werkzeugs entgangen seyn sollte, dennoch war aber
im Jahre 1801 der Erste, welcher auf dieses Phäno-
merksam machte, ohne dafs er eine ältere Angabe hier-
fzufinden vermochte. Inzwischen zeigte Joseph We-
dafs er dasselbe schon früher[4] zur Sprache gebracht
nd diese Notiz darf daher wohl als die älteste gelten,
seitdem keine ältere gefunden hat, wenn gleich von
ntdeckung dieser, auf blofser Beobachtung beruhenden

---

[1] Vergl. Art. *Licht.* Bd. VI. S. 268.
[2] Bd. VIII. 337.
[3] Ebendas. XI. 344.
[4] Vollständige Lehre von den Gesetzen d. El. und von der Anwendung derselben. Landsh. 1792. 8. S. 5.

Sache keine Rede seyn kann. Durch Remer aufmerksam gemacht erklärt Wolff[1], dafs er das Phänomen häufig wahrgenommen habe, und es ist daher seit dieser Zeit unter dem Namen des *Windbüchsenlichtes* allgemein bekannt. Wird eine stark geladene Windbüchse, mit oder ohne Kugel, in einem sehr dunkeln Raume losgeschossen, so gewahrt man vor der Mündung einen über 0,5 Fufs langen hellen Lichtschein, welcher augenblicklich wieder verschwindet und bei wiederholtem Abschiefsen zwar wiederkehrt, aber mit schnell abnehmender Intensität. Remer fand die Sache durch die Aussage mehrerer Beobachter bestätigt, die sich ausdrückten, ihre Windbüchsen gäben im Dunkeln Feuer, und ebendieses erfuhr Gilbert durch v. Leyser, welcher das Nämliche behauptete, mit Beschränkung, das Leuchten zeige sich blofs bei Windbüchsen mit eisernen Läufen. Ungefähr um die nämliche Zeit meldete Pictet an Tilloch[3], der bekannte Mollet aus Lyon habe dem französischen Institute am 29. Dec. 1802 eine Notiz von diesem Lichtscheine mitgetheilt, und setzte hinzu, das Phänomen sey nie vorher beobachtet worden. Nicolson[4] bemerkte dagegen, schon vor anderthalb Jahren habe ein gewisser Fletcher in London die Sache vor mehreren Zeugen erzählt.

Das Phänomen, wie hieraus hervorgeht, erregte im Anfange dieses Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Physiker; spätere bestätigende Zeugnisse beizubringen würde überflüssig seyn, frühere aufzufinden ist auch mir nicht gelungen, und es fragt sich daher nur, wie man die Sache zu erklären habe. Nach Remer erfolgt das Leuchten blofs bei starker Ladung, wenn eine Windbüchse etwa 20 Schüsse hält, so gewahrt man den Lichtschein nur bei den fünf oder sechs ersten mit abnehmender Stärke, indem sich zuletzt nur ein schwaches Lichtatom an der Mündung dem aufmerksamen Auge darstellt. Diese Thatsache bestätigen Wolff, Gilbert und mehrere andere. Weber gab das Licht ohne Weiteres für ein elektrisches aus, und Wolff glaubte, die mit Oeldunst imprä-

---

1 Voigt's Magazin. Th. IV. S. 827. G. XII. 611.
2 Dessen Ann. VIII. 340. Anm.
3 Philos. Magaz. T. XIV. p. 363.
4 Philos. Journ. 1803. Apr. p. 280.

dadurch leitende oder negativ elektrische Luft gebe durch
en an der positiven des Zimmers diesen elektrischen Licht-
in. Auch Remer glaubte Anfangs keine andere Ursache
s Leuchtens als Elektricität annehmen zu können, allein
ermochte auch mit den feinsten Elektrometern, selbst mit
endung von Condensatoren, keine Spur vorhandener Elek-
ät aufzufinden, die doch, bei so starkem Leuchten, un-
ich schwach seyn könnte. In Gemäfsheit der damals noch
er zahlreichen Beobachtungen, wonach durch Zusammen-
tung der Luft Wärme, durch Expansion derselben Kälte
gt wird, glaubt er auf einen Zusammenhang der Wärme-
inungen mit denen des Lichtes schliefsen zu dürfen.
Bedeutung ist hierbei die von de Parcieux[1] gemachte
ckung, wonach die sogenannten *Petarden* der Barometer-
er, oder die sogenannten *Knallbomben* (hohle Kugeln von
m Glase, zwei bis drei Zoll im Durchmesser haltend,
e im Kohlenfeuer glühend gemacht und dann schnell zu-
en werden, um möglichst verdünnte Luft zu enthalten)
Zerspringen durch das Auffallen auf den Boden einen
Lichtschein geben, und auf gleiche Weise dünne, mit
gefüllte, im Guerike'schen Raume zerplatzende Glaskugeln.
äteren Versuche von Helwig[2], wonach beim Zersprin-
er Knallbomben nur dann ein Lichtschein sichtbar ist,
dieses in Räumen geschieht, in welche früher Tageslicht
Sonnenlicht gefallen war, nicht aber in Kellern oder stets
In Räumen, könnten Veranlassung geben zu schliefsen,
iese Lichtentwickelung zur Phosphorescenz durch Inso-
gehöre. Uebrigens bemerkt auch Helwig, dafs beide
cheine sich einander sehr ähnlich und nur hinsichtlich
orm verschieden sind, indem das Windbüchsenlicht einen
enden Kegel, der Lichtschein der Knallbomben aber eine nach
minder helle, im Centrum einen dunkeln Punct zurück-
de Sphäre bildet. Nach Remer läfst sich dann auf diese
achen eine allgemeine Folgerung bauen, wonach bei der
hnung der dichteren Luft in einen gröfseren Raum Wär-
ebunden, Licht dagegen frei wird. Diesem gemäfs neigt
h zu der damals herrschenden Ansicht hin, wonach diese

Gren's Journ. d. Phys. Bd. VIII. S. 20.
G. LI. 112.

beiden Wesen, als materiell angenommen, einander entgegengesetzt seyn sollen. Es liefse sich hiergegen, auch nach dem damaligen Standpuncte der Wissenschaft, das Argument geltend machen, dafs gerade bei der Steigerung der Wärme, namentlich bis zur Glühhitze der Körper, Licht entbunden wird. Insbesondere aber kannte Remer damals das Phänomen noch nicht, dafs durch schnelle Compression der Luft im Tachopyrion der Lichtschein erzeugt wird[1], sonst würde ihm die Analogie beider Wirkungen nicht entgangen seyn. Indem aber der Lichtschein im Tachopyrion durch Compression und nicht durch Expansion der Luft erzeugt wird, so steht dieses nicht nur der eben erwähnten, sondern auch einer andern, von ihm aufgestellten Hypothese entgegen. Hiernach hat die Luft vielleicht eine desto stärkere Kraft, den Lichtstoff zu binden, chemisch mit sich zu vereinigen, je dichter sie ist, und wenn sie sich dann schnell in einen gröfseren Raum ausdehnt, wird dadurch ihre Capacität für die Wärme vermehrt, und aber der zusammengepreſste Lichtstoff in heftige Bewegung gesetzt, mithin sichtbar gemacht, wenn anders leuchtendes sichtbares Licht Bewegung des Lichtstoffes im Raume ist. Ich werden später wieder hierauf zurückkommen, wollen aber jetzt nur bemerken, dafs Bindung der Wärme und Entbindung des Lichtes in Folge der Luftverdünnung bei zwei so ähnlichen Wesen, als Licht und Wärme sind, ohne triftigen Grund angenommen wird, wozu wohl das damals herrschende Streben nach Gegensätzen Veranlassung geben mag.

Von Grotthuss bestätigt die Thatsache in Gemäfsheit eigener Versuche, indem er beim Abschiefsen einer stark geladenen Windbüchse einen sehr hellen Lichtschein gesehen, welcher sich jedoch beim zweiten Schusse nicht mehr, sondern nur von geringer Intensität zeigte. Er nennt denselben eine blendend leuchtende Flamme, und meint, sie würde leicht brennbare Körper in Brand gesetzt haben, wenn sie nicht durch die prädominirende Wirkung der in gewaltsame Bewegung gesetzten Luft fortgeschleudert worden wären. Hiernach hält Grotthuss die ausfahrende Luft im eigentlichen Sinne für glühend und demnach leuchtend, was auf jeden Fall höchst unwahrscheinlich ist, indem man sich den Ursprung

1 S. Art. *Feuerzeug, pneumatisches.* Bd. IV. S. 240.

hen Glühhitze nicht wohl vorstellen kann, die sich äufser-
nothwendig auch durch Mittheilung auf irgend eine Weise
l geben müfste, abgesehn von dem Umstande, dafs Glüh-
: erzeugende Luft, ohne in ihr enthaltene feste Theile,
nicht gar nicht leuchtet, wie die geringe Helligkeit des
nannten *lumen philosophicum* (die sehr matte und ge-
hlose Flamme des aus einer Glasröhrenspitze ausfahrenden
laselbst angezündeten Wasserstoffgases) und der Flamme des
lgasgebläses zeigt. Seine Erklärung über den Ursprung
Wärme, wodurch die Luft zur Glühhitze gebracht werden
ist gekünstelt, weil zugleich das Verhalten im Kolben mit
ksichtigt und angenommen wird, der ausfahrende Theil
erhalte durch die nachstürzende eine erhöhete Temperatur.
ehn hiervon und in directer Beziehung auf den erzeugten
chein spricht Grotthuss seine Ansicht deutlich aus.
ach „erduldet die plötzlich expandirte Luft von der At-
häre und von den Wänden des Windbüchsenlaufes einen
eftigen Widerstand, dafs sie gewaltsam comprimirt und
Wärmestoff daraus in Feuergestalt herausgetrieben wird.
Compression ist also hier eine Folge der Expansion und
tenz; die beide zugleich und schnell wirken und da-
i das Feuer veranlassen." Es kann indefs dem skepti-
Forscher nicht entgehn, dafs die Expansion der ausfah-
i Luft gleich stark, als die Compression der äufseren seyn
ne daher Kälte erzeugen mufs, wenn diese Wärme her-
t, mithin an eine Erzeugung der Glühhitze nicht wohl zu
i ist. Dieses Argument würde auch dann noch gültig
wenn man sagen wollte, die umgebende Luft, in welche
fahrende stürzt, habe bereits einen gewissen Grad der
gkeit, und dieser werde auf jeden Fall durch die ein-
ide vermehrt; denn beide Luftmassen haben eine gewisse
ratur, und diese mufs auf gleiche Weise durch die Com-
n des einen Theils erhöht, durch Expansion des andern
dert werden, beide Wirkungen bedingen einander gleich-
und es kann die erstere um so weniger ein Ueberge-
über die letztere erhalten, als die äufsere Luft sich im
eren Raume leicht ausdehnen kann. Nimmt man aber
dafs Knallbomben beim Eindringen der Luft in den lee-
um, und mit Luft gefüllte Kugeln beim Zerplatzen im
n der Luftpumpen gleichfalls diesen Lichtschein zeigen,

so kann man ihn unmöglich bei den Windbüchsen vom E glühen der Luft ableiten. Am entscheidendsten streitet hieg gen der bekannte Versuch von Dessaignes[1], welcher Thi blasen über gläserne Cylinder spannte und nach dem völlig Trocknen durch Exantliren der Luft zersprengte. Je mehr Luft verdünnt war, um desto heller zeigte sich im Dunk der Lichtschimmer, welcher sich im ganzen Cylinder ausb tete und dem Lichte des im Eudiometer detonirenden Knallg oder dem in Gewitterwolken sichtbaren elektrischen glich. das Vacuum minder vollkommen, so gewahrte er nur ein sch ches röthliches Licht am Boden des Gefäfses. Angenom es sey bei diesen Versuchen noch ein Antheil Luft in Cylinder zurückgeblieben und durch die eindringende co mirt worden, so konnte hierdurch unmöglich bei gleichzei Mitwirkung der durch die eindringende expandirte Luf zeugten Kälte eine im ganzen Cylinder sich ausbreitende glühung der Luft bewirkt werden, abgerechnet dafs dies bei zurückgebliebener gröfserer Menge von Luft vielmeh ker, keineswegs aber schwächer seyn mufste. Wir s daher diese Erklärung als durchaus unzulässig verwerfe.

Der oben genannte Leyser[2], welcher gleich anfangs Richtigkeit der Thatsache bekräftigte, war der Meinung, Lichtschein zeige sich blofs bei Windbüchsen mit eisernen L fen, nicht bei messingnen oder mit Messing gefütterten. E schwer, die Richtigkeit dieser Behauptung zu prüfen, obgleich Gilbert sie dadurch bestätigt, dafs seine Winch mit messingnem Laufe keinen Lichtschein zeigte, so ist ohne Werth, weil wir blofs mit Sicherheit wissen, dafs das P men bei stark geladenen Windbüchsen beobachtet worden ist, so kann das Ausbleiben desselben bei messingnen Läufen so natürlicher aus dem Mangel einer hinlänglichen Compr abgeleitet werden, als diese Art der Apparate meistens zur blofsen Belustigung und daher mit minderer Solidität fertigt zu werden pflegt; für die Erklärung können wir hieraus um so weniger einen Anhaltpunct hernehmen, beiden Fällen Metalle vorhanden sind, deren Unterschied s lich von irgend einem Einflufs seyn dürfte, da obnehin

1 Aus Journ. de Phys. in G. XLIX. 310.
2 G. VIII. 340.

ähnliche Lichtschein auch ohne vorhandenes Metall bei
llein oder mit Thierblase vereint zum Vorschein kommt.
chen ist dieser Unterschied allerdings dann nicht un-
end, wenn nach Leyser's Ansicht das Leuchten eine
hineingekommenen Sandes seyn sollte. Eben diese Er-
g hat später Hart[1] aufgestellt und durch eine grofse
von Versuchen zu unterstützen gesucht. Hiernach zeigte
as Leuchten nur dann, wenn kleine Körperchen, als
Staub u. s. w., im Laufe anwesend waren, die sich seiner
ng nach an den Wandungen des Laufes reiben und da-
den Lichtschein hervorrufen. Hiermit stimmen allerdings
iegger's[2] Versuche überein. Dieser lud seine Wind-
so schwach, dafs sie für sich keinen Lichtschein zeigte,
r jedoch sofort zum Vorschein kam, wenn eine Bürste
inem Eisendraht an die Mündung gehalten wurde. Auch
ufgewundener Eisendraht, der keine Masse von Spitzen
, wirkte, wenn gleich schwächer. Feiner aufgewundener
raht gab schwache oder gar keine Wirkung, eine Bürste
lessingdraht oder eine Masse durch einen dünnen Kork
ter Stecknadeln mit hervorragenden Spitzen wirkte schwä-
lenn der Eisendraht gab Funken und Feuerstreifen, Mes-
ht aber nur einen phosphorischen Schein. Eine vorge-
Quarzdruse gab schönes Licht, vorgehaltene Glasfäden
die eingeladen nach Hart so stark leuchteten, zeigten
Lichtschein. In Gemäfsheit dieser Erscheinungen ver-
Schweigger die durch Hart aufgestellte Hypothese,
das Leuchten eine Folge der Reibung solcher Körper
ll, die für sich gerieben phosphorisches Licht geben, als
Flufsspath, Zucker u. s. w., und meint vielmehr, Spiz-
mentlich metallische, seyen in einem Strome atmosphä-
Sauerstoff enthaltender, Luft der Lichtentwickelung auf
Art günstig, als Platinspitzen im Strome von Wasser-
. Wenn man aber die Entzündung des Döbereiner'schen
hwammes in einem Strome Wasserstoffgas, worauf
iegger sich hier bezieht, gehörig würdigt[3], so gelangt

---

[1] Quarterly Journ. of Science. N. XV. p. 64. Ann. de Chim. et
. XXII. p. 437.

[2] Dessen Journ. Th. XL. S. 22.

[3] Vergl. Art. *Wärme*. Bd. X. S. 278.

man bald zu der Ueberzeugung, dafs sich zwischen diesen und dem hier in Rede stehenden Phänomene zwar eine Analogie auffinden, keineswegs aber die Erklärung des einen aus dem andern entnehmen läfst. Der Platinschwamm erfordert keine Compression des Gases, vielmehr erfolgt die Entzündung im Knallgase selbst unter geringerem, als dem mittleren atmosphärischen Drucke; bei den Windbüchsen wird der Lichtschein durch vorhandene Metallspitzen zwar erhöht, aber insofern nicht eigentlich erzeugt, als er auch ohne diese zum Vorschein kommt; eine Verdichtung der atmosphärischen Luft durch die Metallspitzen, wie des Wasserstoffgases durch den Platinschwamm, findet aber überall nicht statt.

Sehr gründliche Untersuchungen über das Windbüchslicht hat auch der wegen seiner hohen Wissenschaftlichkeit ehrwürdige Placidus Heinrich[1] angestellt, wobei er sich blofs die unmittelbar hierhergehörigen, sondern auch die damit genannten, hiermit innig verbundenen Versuche selbst vorholte. Nach den Ergebnissen mit einer vorzüglich guten Windbüchse von Kuchenreuter in Regensburg sah er allerdings einen Lichtbüschel, wenn die Ladung vollständig war, gewöhnlich blieb er schon beim dritten Schusse aus; bei schlechen Windbüchsen blieb aber das Licht auch dann aus, wenn ihre Ladung so weit getrieben war, als geschehn durfte. Licht erschien bei ganz eisernen oder nur mit Blei gefütterten Läufen, die Entladung mochte frei oder mit einer Kugel geschehn; reichliches Oelen schien mehr zu schaden, als zu nützen. Stand die Büchse geladen vom Nachmittage bis zur eingetretenen Dunkelheit am Abend in einem warmen Zimmer, so glückte der Versuch besser. Windbüchsen mit weiten Läufen gaben nie einen Lichtschein, noch weniger, wenn die Kugel ganz beseitigt und das freie Ventil aufgeschlagen wurde; das Leuchten trat aber selbst bei weiten Läufen ein, wenn sie zur Hälfte mit einem der Länge nach gespaltenen Laufe ausgefüllt waren. Höchst interessant war, dafs Heinrich seine Versuche ungeachtet der nicht wohl zu beseitigenden Gefahr auch mit gläsernen Läufen von 7 bis 2,5 Linien lichter Weite und von 3 bis 1 Par. Fufs Länge anstellte und dabei

1 Die Phosphorescenz der Körper u. s. w. Nürnberg. 2 Th. II. S. 431.

diese die Erscheinung in jeder Beziehung besser, als me-
e Läufe zeigen, obwohl auch hierbei die gröfsere Weite
Effect aufhob. Stellt sich der Beobachter in mäfsiger Ent-
ng dem ihm entgegengerichteten Laufe gegenüber, so ge-
t er im Innern desselben einen schwachen Lichtschimmer,
en ein seitwärts stehender nicht sieht.

Aus allem diesem schliefst Heinrich, dafs der Erfolg vom
ben der Luft sich auszudehnen und von den Hindernissen
gt, die sich dieser Ausdehnung entgegensetzen. Starke
gen und geringe Weite des Laufes sind also die noth-
gen Bedingungen, damit die verdichtete Luft sich nicht
in einen zu grofsen Raum ausdehnen kann; das Licht
ht daher in Folge der Verdichtung auf gleiche Weise, als
Tachopyrion, ja selbst das Licht der Feuerwaffen soll
Heinrich zum Theil durch Compression erzeugt werden,
an daraus ersieht, dafs gleiche Mengen Pulver mit Ku-
d Pfropfen abgeschossen stärker leuchten, als ohne die-
Auch das beim Zersprengen einer Blase entstehende Licht
mach als durch Condensation entstanden zu betrachten.
sten zeigt sich diese Erscheinung, wenn man eine starke
über einen 5 bis höchstens 6 Zoll weiten gläsernen Cy-
ausspannt, nach dem Trocknen stark exantlirt und das
tzen durch einen Stofs gegen die Mitte herbeiführt. Eine
ngende Glasplatte giebt keinen Lichtschein, und zwar wegen
len Glassplitter. Wenn man den Embolus eines pneumati-
Feuerzeuges ganz hinabdrückt, der Luft dann Zeit läfst,
zu entweichen, und demnächst den Kolben rasch her-
it, so gewahrt man gleichfalls einen Lichtschein[1]. Pla-
Heinrich wiederholte auch die Versuche des Zersprens
uftvoller Glaskugeln unter der Campane der Luftpumpe,
des Zerschellens der Knallbomben, gewahrte auch den
chein zerspringender Glasthränen, die man zur Vermei-
iner Beschädigung der Augen durch umhergestreute Glas-

---

[1] Placidus Heinrich liefs sich ein gläsernes *Tachopyrion* verferti-
elches am Ende mit einer messingnen Fassung und einem Hahn
war. Die Fassung ging im Innern so weit hinauf, als ihr
r Rand, die Oeffnung war sehr eng, doch konnte die Füllung
schiedenen Gasarten dadurch geschehn. Mit einem solchen wur-
Lichterscheinungen leicht erhalten.

splitter am besten mit einer Zange an der Spitze faſst und
dem dickeren Ende gegen eine Wand stöſst. Die bekannt
Dampfkügelchen, durch Hitze zerspringend, gaben nie ein
Lichtschein, was allerdings bei dem heftigen Knallen derselb
merkwürdig ist; dagegen versicherten glaubhafte Zeugen, d
sich bei Nacht ein schwacher Lichtschein hinter einer stark
Windbüchsenkugel zeige, und er selbst glaubte diesen in s
finsteren Nächten beim Knallen stark geschwungener Peitsch
wahrgenommen zu haben.

Fragen wir, um wie viel die Erklärung dieses merkw
digen Phänomens durch diesen reichen Zuwachs von Th
chen seit dem ersten Entdecker desselben, Remer oder W
weiter gefördert worden sey, so ist der erhaltene Gewinn keines
bedeutend. Das Leuchten mit Weber für elektrisch zu h
ist nach den Versuchen Remer's nicht wohl zulässig, auch w
dieses die Beantwortung der Frage am Ende nur etwas
hinausschieben. Die von Hart aufgestellte Hypothese ist
Schweigger widerlegt worden, welcher keine eigene zur
rung aufstellt, sondern bloſs sagt, die Wirkung werde durch
tallspitzen erhöht, also das auch ohne diese vorhandene L
ten verstärkt. Ein eigentliches Glühen und dadurch erz
Leuchten der Luft anzunehmen, worauf Grotthuss durch
ihm so eben bekannt gewordene Erscheinung des Tachop
geführt wurde, ist aus bereits angegebenen Ursachen nicht
zulässig. Nach Heinrich liegt die Ursache aller der gen
Lichterscheinungen in der Compression der Luft, selbst
dann, wenn diese in ein Vacuum hineinstürzt, weil auch
bei auf jeden Fall ein Stoſs derselben gegen eine vorh
Wandung statt findet. Zu derselben Classe von Erschein
gehört nach ihm dann auch das *elektrische Leuchten*, e
durch gewaltsame Durchbrechung der Luft mit einer ung
lich groſsen Geschwindigkeit, wobei er jedoch zugesteht,
der strahlende Schein in der Torricelli'schen Leere für
Leuchten der elektrischen Materie an sich gelten könne.
in die Erklärung des letzteren, vielfach behandelten Pr
weiter einzugehn, möge nur die Bemerkung hier Platz f
daſs es bei jeder Erklärung vorliegender Erscheinungen
miſsliche Sache ist, zwei neben einander bestehende Ur
anzunehmen, ohne zugleich zu bestimmen, welcher Theil
bis zu welchen Grenzen der einen oder der andern zukom

man denn namentlich in dem hier gegebenen Falle immer annehmen könnte, die im Vacuum als selbstleuchtend vorlene Elektricität werde beim Durchbrechen der nicht leien Luft stärker zusammengedrückt, und leuchte dadurch r, wonach also das Auspressen des Lichtes aus der Luft liesen Phänomenen wegfallen würde. Fragen wir nach dem alzusammenhange zwischen der Compression der Luft und Lichtscheine, so war Heinrich noch Anhänger der Emans-Hypothese; nach ihm ist daher in der Luft Lichtma- vorhanden, und diese wird, eben wie der Wärmestoff, lerselben mechanisch ausgepreſst. Die Erklärung wäre soleicht, und obendrein im Einklange mit Helwig's Wahrung, wonach das Leuchten da aufhört, wo vorher weniinfallendes Licht aufgehäuft wurde.

Aber auch dieser Hypothese steht entgegen, daſs sie zur lationstheorie nicht paſst, die allzufest begründet ist, als sie durch das vorliegende Phänomen wankend werden te. Dieser gemäſs müſsten also durch den plötzlichen Stoſs Luft Vibrationen des überall verbreiteten Lichtäthers erwerden und die Erscheinung fiele demnach mit den zahlen übrigen des Selbstleuchtens zusammen. Daſs solche lationen, die Lichtwellen, durch die verschiedensten Urn hervorgerufen werden, ist eine bekannte, wenn gleich gisch noch nicht vollständig erklärte Thatsache; sofern hier zunächst nur von einem einzelnen, zu einer übrigens ichen Classe gehörigen Phänomene die Rede ist, kann immerhin sagen, es sey hierzu eine Veranlassung vorhandie sich auch anderweitig, namentlich bei der Phosphonz, wirksam zeigte, und wenn man dann berücksichtigt, zahlreich die Erscheinungen des Leuchtens sind, die zur en Classe der Phosphorescenz gehören[1], so muſs man ge-, daſs die diese erzeugenden Undulationen des Lichtäthers ı die vielfachsten mechanischen Ursachen sehr leicht herrufen werden. Aus der Vergleichung aller hierher gehöVersuche geht übrigens hervor, daſs nur dann Lichtunionen hervorgerufen werden, wenn irgend ein fester Körler bewegten Luft einen Widerstand darbietet, was mit Entstehung der Wellen überhaupt sehr gut übereinstimmt,

---

1 S. Art. *Licht.* Bd. VI. S. 272 ff.

und die Erklärung dieser eigenthümlichen Phosphorescenz ungleich leichter macht, als die zahlreicher anderer. Mit Rücksicht hierauf möchte ich den hinter abgeschossenen Kugeln und durch Peitschenknall erzeugten Lichtschein vorläufig in Abrede stellen, weil hierbei ebenso wenig ein der bewegten Luft Widerstand entgegensetzender Körper vorhanden ist, als beim freien Oeffnen eines Windbüchsenventils, abgesehn davon, daß das Licht selbst bei weiten Läufen der Windbüchsen fehlt.

M.

Windmesser.

Anemometer, Anemoskop[1], Windfahne, Wetterfahne (Wetterhahn); *Anemoscopium*, *Anemometrum*, *Plagoscopium*; Anémomètre, Anémoscope, Girouette (Flouette); *Anemometer*, *Anemoscope*, *Weather-cock*, *Weather-flag*, *Fane*, *Vane*, *Windgage*.

Mit diesen verschiedenen Namen werden zwei Arten von Apparaten bezeichnet, welche zwar beide zur Beobachtung des Windes dienen, jedoch in sehr ungleicher Absicht. Mittelst der einen Classe derselben verlangt man bloſs die horizontale Richtung des Windes kennen zu lernen, mittelst der andern sucht man theils die hiervon abweichenden Richtungen, und insbesondere aber die Geschwindigkeit und die hierdurch erzeugte Kraft desselben zu erforschen; an beiden Arten

1 In Beziehung auf dieses Werkzeug, wovon Bd. I. S. [illegible] handelt wurde, ist noch zu bemerken, daſs dieser Name dem von Otto v. Guericke erfundenen *Wettermännchen* nicht durch Courier [illegible] Texte a. d. a. Stelle steht unrichtig Couriers, in der Anm. richtig [illegible]miers), sondern schon früher durch den Erfinder selbst, wie Pr[illegible]rer meint (Thesium inaugur. pars mathematico-physica cet. Tub. [illegible] 4. Thes. XXV.), oder nach Gehler's Meinung (Wörterb. a. A. Bd. [illegible] S. 29) durch dessen Sohn in einem Briefe an Lubienietzky, oder [illegible] diesen Letzteren als Uebersetzung des Wortes *Wettermännchen* beigelegt wurde. S. Stanisl. Lubienietz Lubieniecch Theatrum cometarum Amst. 1668. fol. p. 239 u. 250.

seit den ältesten Zeiten viel gekünstelt, und selbst in den sten Zeiten hat man sich nicht allgemein über eine allsei- genügende Construction derselben vereinigt. Wir wollen vorzüglichsten der darauf bezüglichen Vorschläge einzeln en.

1) Um die jedesmalige Richtung des Windes zu wissen, en die gewöhnlichen Windfahnen. Im Wesentlichen be- i diese aus einem Bleche, einer Tafel, einer Platte, welche iner verticalen Ebene befindlich so befestigt wird, dafs der d durch den Stofs gegen ihre gröfseren Flächen sie um verticale Stange in seine Richtung dreht, wobei sie ent- r sich um diese Stange bewegen, oder an ihr festsitzend zugleich mit umdrehn. Da die meisten in bedeutender e, auf den Spitzen der Häuser oder der Kirchthürme, an- icht sind, mithin, um in der Ferne gesehn zu werden, be- nd grofs, und der Dauerhaftigkeit wegen von Metallblech müssen, so ist es rathsam, sie in ihrem Schwerpuncte zu stützen und daher die bewegliche Platte durch ein Ge- ewicht zu balanciren, welches dem Winde eine ungleich ere Fläche entgegenstellt und somit die Umdrehung der eren Platte nicht bedeutend stört. Meistens wählt man die hschnittsfläche eines Hühnerhahns, dessen dickerer Kopf Hals dem aus dünnen Blech verfertigten Schwanze das ngewicht hält, wovon der Name Wetterhahn entstanden sonst wählt man auch wohl einen Pfeil, bei dem die Flä- der vorderen Spitze horizontal gerichtet ist, das Gefieder interen Ende aber in einer verticalen Ebene liegt, oder die a eines Fisches oder eines Löwen, welcher durch einen reren Bügel im Gleichgewichte gehalten wird. Die Her- ung des Gleichgewichts, oder dafs der Schwerpunct der ie in die sie tragende Stange fällt, ist deswegen erforder- weil sonst bei der geringsten Beugung der Tragstange ihrer Abweichung von der genau verticalen Richtung der werpunct sich nach dieser Seite hin senkt und schwache de nicht vermögen, die Fahne aus dieser Lage zu bewe- Diejenigen Flächen, welche durch den Stofs und Druck Windes in die Richtung desselben gebracht werden, müs- nothwendig leichte Beweglichkeit haben, worauf man bei Anlegung derselben stets eifrig bedacht ist, weswegen man von dünnem Bleche und überhaupt so leicht macht, als

dieses den Umständen nach geschehn kann. Sitzen sie an der drehbaren Stange fest, in welchem Falle der untere Theil dieser Stange in das Gebäude herabgeht und auch aus hinlänglich ausgetrocknetem, sich nicht mehr verziehenden Holze bestehn kann, so mufs diese hinlänglich lang seyn, um eine Abweichung ihrer Richtung von der verticalen zu vermeiden, der untere Theil des oberen metallenen Endes der Stange muß durch einen die wenigste Reibung gebenden metallenen Ring gehn, das untere Ende aber mit einer glatten Metallspitze in die konischen Vertiefung einer harten Metallplatte laufen.

2) Die Windfahnen erhalten durch die angegebenen Bedingungen eine sehr grofse Beweglichkeit, um selbst schwache Luftströmungen gehörig auszuweichen und deren Richtung anzuzeigen. Es ist indefs schon im Art. *Wind* bemerkt worden, dafs dieser, besonders bei grofser Stärke, seine Richtung sehr oft ändert, die Windfahne daher sich stets durch einen großen Bogen bewegt, welcher selbst bis zu 180 Graden steigen kann; die eigentliche Windrichtung mufs daher dann im Mittel der äufsersten Abweichungen genommen werden, was aber nur genäherte Bestimmungen gestattet. Um diese unaufhörlichen Schwankungen zu beseitigen, wählten Engelhardt und Parrot[1] statt eines Bleches zwei in einem Winkel von 45° zusammengefügte, wobei eine diesen Winkel halbirende gerade Linie die Richtung des Windes angab. Um insbesondere in gröfserer Höhe den Stand der Windfahnen leichter zu erkennen, befindet sich meistens sehr zweckmäfsig unter ihnen ein in einer horizontalen Ebene liegendes, aus zwei rechtwinklig über einander liegenden Stäben bestehendes Kreuz, auf dessen vier Enden die aufwärts stehenden Anfangsbuchstaben der Himmelswinde aufgerichtet sind.

3) Bei den gewöhnlichen Windfahnen liegt ein so einfaches

---

1 Deren Reise in den Caucasus. Th. II. S. 20. Hierbei liegt die Angabe des älteren Parrot zum Grunde, welcher die Fahne aus zwei dünnen Blechen verfertigen liefs, die mit den einen Seiten vereinigt wurden, von da an aber krumm gebogen waren und an den anderen auseinander standen, so dafs die anderen Enden ungefähr einen Winkel von 45° bildeten. Zur Krümmung scheint ihm die cykloidische am geeignetsten, und die Bleche sollen so dünn gewählt werden, dafs der Druck des Windes sie zu biegen vermag. S. Voigts Magazin. Th. I. St. 2. S. 144.

ip zum Grunde, dafs sich nicht füglich Künsteleien an-
en lassen, mit denen man übrigens bei allen meteorologi-
i Instrumenten stets sehr freigebig war. Man behielt da-
m Ganzen die einfache Einrichtung derselben bei, wählte
für solche, die sich namentlich über Beobachtungszimmern
len, eine wesentlich verbesserte. Es ist nämlich aller-
vortheilhaft, namentlich in Städten, wo leicht durch die
ung der Strafsen und die Lage hoher Häuser die Bahn des
les abgeändert wird, die Windfahnen auf den Spitzen
r Gebäude, namentlich auf den Thürmen anzubringen,
dieses führt auch den Nachtheil herbei, dafs man nur
dühe und keineswegs hinlänglich scharf die Richtung der-
i nach den Weltgegenden unterscheiden kann. Um die-
weck zu erreichen, läfst man auf eine hierfür sehr geeig-
Weise die Stange, an welcher oben die Fahne unbeweg-
festsitzt, in das Beobachtungszimmer herabgehn, unter-
deren untere Spitze durch einen horizontalen eisernen
balken, auf welchem sie in einer Vertiefung leicht be-
ch ruht, bringt über demselben einen Zeiger an, welcher
ler Windfahne in der nämlichen verticalen Ebene liegt,
befestigt über demselben an der Decke eine runde Tafel,
af die Windrose gezeichnet ist. Es ist nicht schwer,
liese Weise die eigentliche Richtung des Windes genau
kennen; inzwischen fand man es ehemals zu unbequem,
ie Höhe zu sehn, und zog vor, die Windrose in eine
:ale Ebene an einer der Wände des Beobachtungszimmers
ingen. Zu diesem Ende versah man die herabgehende
e mit einem in horizontaler Ebene liegenden Kronrade und
dessen Zähne in ein anderes, in verticaler Ebene liegen-
Kronrad oder nur in ein einfaches Getriebe eingreifen, auf
n horizontaler, durch die Wand des Zimmers gesteckter
der Zeiger festsafs. Indem dann beide Räder eine gleiche
hl Zähne hatten, drehte sich der Zeiger durch gleiche
n, als die Windfahne. Dieses Instrument beschreiben
IAM[1], NOLLET[2] und mehrere Andere, welche sämmtlich
lieser Quelle geschöpft haben, LEUPOLD[3] aber giebt noch

[1] Récréations mathématiques. T. II.

[2] Die Kunst physikalische Versuche anzustellen. Leipz. 1771. Th. . 53.

[3] Theatrum aërostaticum. P. III. Cap. X.

verschiedene Abänderungen desselben an, und bringt unter a dern auch eine kleine tragbare Windfahne in Vorschlag, i mit einem Compasse verbunden ist, um das Verhältnifs d Windrichtung zum magnetischen Meridiane zu kennen. I alle solche Mechanismen die Vorrichtung complicirter mach die leichte Beweglichkeit hindern und Stockungen veranl können, so zieht man jetzt die einfachere und dauerhaf Einrichtung vor, ohne die geringfügige Unbequemlichkeit Ablesens auf einer unter der Decke befestigten Windro scheuen, würde aber auf den Fall, dafs es einer Abänd bedürfte, bei dem heutigen Stande der Mechanik wegen Ausführung nicht in Verlegenheit seyn.

4) Die sämmtlichen, hier angegebenen und alle ähnliche Windfahnen geben blofs die horizontale Richtung Windes an; man hat aber vielfach den Wunsch geäufsert, die verticale kennen zu lernen, es ist mir jedoch nicht bek dafs man einen geeigneten Apparat, um diese zu ermitte Ausführung gebracht habe[1]. Genau betrachtet ist auch Sache keineswegs von so grofser Bedeutung, als es beim Anblick den Schein hat. Allerdings ist nicht zu leugnen, die Richtung des Windes keineswegs allezeit eine horizon sey, vielmehr weichen die Winde sehr häufig hiervon gröfsere oder kleinere Winkel ab, und es würde sehr in essant seyn, namentlich bei der Entstehung eines Windes aufsteigende oder herabsinkende Luftmassen deren jedesmal Richtung zu kennen, weil man hiernach besser die Ursa dieser Luftbewegung auffinden könnte. Beim Fortgange selben wird aber, selbst wenn er sich in gröfseren Höhen wegt, seine Richtung fortwährend mehr durch die Gestal Erdoberfläche bedingt, so dafs man von dieser leicht auf schliefsen kann, und es gewährt dann kein sehr bedeutend Interesse mehr, wenn man weifs, dafs der Wind von e Berge mehr aufwärts steigt und hinter demselben wieder absinkt, oder durch hohe Häuser, namentlich Kirchthürme Folge ihres Widerstandes mehr in die Höhe getrieben wi Inzwischen hat Benzenberg[2] eine sehr einfache Fahne v

1 Einige zweckmäfsige Vorrichtungen werden später erwähnt w den; sie gehören zu den registrirenden Windfahnen.

2 G. VIII. 240. Eine andere, noch einfachere und bequeme Vorrichtung für diesen Zweck giebt §. 39.

gen, welche nicht blofs die horizontale, sondern auch die
ale Windrichtung angiebt. Sie besteht aus einer gewöhn- Fig.
i Windfahne, bei welcher aber die flache Scheibe D et- 208.
grofs seyn mufs, damit ihre Stellung in die verticale
e der Windrichtung durch den Stofs gegen den am andern
angebrachten Mechanismus nicht gestört werde. Die
be der Windfahne wird nämlich durch ein Rectangel
letallstäben balancirt, an dessen äufserstem Ende sich eine
hende Stange als Träger eines zweiten ähnlichen Rectan-
befindet, dessen Ebene mit der des ersteren zwei rechte
el bildet. Oben auf demselben ist eine in verticaler
e drehbare, mit ihrer Axe leicht bewegliche Scheibe E an-
ht und durch ein Rectangel von Draht balancirt, des-
ufserste Seite noch aufserdem durch ein angemessenes Ge-
K beschwert ist. Hierdurch läfst sich leicht bewerkstel-
, dafs für sich die Scheibe E im Zustande der Ruhe wie
Waagebalken in horizontaler Richtung bleibt; stöfst aber
Wind gegen dieselbe, so wird sie, um dessen Drucke aus-
chen, ihm die scharfe, den geringsten Widerstand lei-
e Seite zukehren, mithin in diejenige horizontale oder ge-
Richtung getrieben werden, in welcher sich der Wind
gt.

Durch welche verschiedene Vorrichtungen diese gemeinen
fahnen sich selbstregistrirend machen lassen, wird im Fol-
n gelegentlich gezeigt werden.

Man könnte die beschriebenen Apparate mit dem gemein-
lichen Namen *Windzeiger* benennen und würde sie da-
von der zahlreichen Classe der *Windmesser* unterschei-
von denen jetzt die Rede seyn wird. Die Bestimmung
letzteren ist, die Stärke des Windes zu messen, und
se Aufgabe stets grofses Interesse erregte, so hat man sie
hr verschiedene Weise zu lösen versucht. Wir wollen
kanntesten und vorzüglichsten zu diesem Zwecke in Vor-
gebrachten Vorrichtungen einzeln betrachten und nach
inden näher beschreiben. Beiläufig möge indefs zuvor ein
hlag erwähnt werden, welcher zeigt, zu welchen indi-
Mitteln man früher wohl seine Zuflucht zu nehmen
, statt diejenigen zu wählen, die bei weitem näher lie-
Man verfiel auf die Idee, die Stärke des Windes durch
öhe und Tiefe des Tones zu messen, welchen eine dem

Winde entgegengerichtete Pfeife gab. Leupold[1] beschr
eine Pfeife dieser Art, giebt aber nicht genauer an, in welc
Verhältnifs die Höhe des Tones mit der Geschwindigke
Windes steht und wie man die letztere überhaupt bes
hierdurch messen könne. Eine Aeolsharfe würde allerdings
dazu dienen können, die wachsende Geschwindigkeit des W
des durch zunehmend stärkeres Tönen wahrzunehmen,
man übersieht bald, dafs an eine eigentliche Messung
diese Mittel nicht zu denken sey, weswegen man sie a
sten ganz unbeachtet läfst.

5) Der älteste, ohne Angabe des Erfinders bekan
wordene Vorschlag zu einem die Stärke des Windes mes
Apparate beruhte auf der Idee, eine vertical herabhäng
Scheibe durch den Stofs des Windes heben zu lassen, die
zu erforderliche Kraft zu suchen und hieraus die Gesc
Fig. digkeit des Windes zu berechnen[2]. Zu diesem Ende
209. Stange A B mit einem um sie drehbaren Quadranten
dessen Bogen m n Grade der Kreistheilung enthält. A
Stange hängt die flache Scheibe C herab, welche de
Stofs des Windes aus ihrer verticalen Lage gehoben,
Voraussetzung des in horizontaler Richtung sie treffende
raden Windstofses hierdurch aus ihrer verticalen Lage ge
wird, und vermittelst der Sinus oder der Tangenten
Elevationswinkel die Stärke des Stofses und die diesem
hörige Geschwindigkeit des Windes nach denjenigen Ges
angiebt, welche im Art. *Widerstand* erörtert worden sind.
Winkel wird entweder sogleich abgelesen, oder man
die Stange mit einem Sperrhaken, um ihren Rückgang zu
dern und die Grade auf dem Quadranten später abz
welche dann das Maximum der erreichten Stärke angeben.
letztere Einrichtung ist eigentlich nothwendig und kann
der Voraussetzung einer so leichten Beweglichkeit der Sp
vorrichtung, dafs die hiermit verbundene Reibung nicht
tracht kommt, allein richtige Resultate geben.

6) Ein ganz auf die hier beschriebene einfache Weise
struirtes Anemometer erwähne ich gern, weil es unter den
losen, später beschriebenen und angeblich verbesserten

1 Theatr. Aerost. Cap. X. §. 122 u. 133.

2 Philos. Trans. T. II. N. XXIV. p. 444. Vom Jahre 1667.

das zweckmäfsigste und selbst im Grofsen ausführbar seyn
. Dasselbe ist von Pickering[1] neben seinen übrigen
rologischen Apparaten angegeben worden und aus der
ung leicht kenntlich. Die Stange AB, welche der Angabe Fig.
verlängert in einem Piedestal beweglich und unten mit 210.
Zeiger versehn seyn soll, um die Richtung des Windes
ner Scheibe zu bezeichnen, trägt oben den an ihr befe-
i Quadranten qrh aus dünnem Blech, welcher am oberen
durch eine Leiste gesteift ist, die zugleich bei q etwas
ragt, um zu verhindern, dafs nicht ein plötzlicher, hef-
Windstofs die sogleich näher zu bezeichnende Tafel über
inausschleudere. Diese quadratische Tafel abcd hängt
ei gabelförmig vereinten Leisten, von denen nur die eine
der Figur sichtbar ist, welche den Quadranten zwischen
inschliefsen und mit ihren oberen Enden mittelst eines
is im Centrum desselben um diesen Zapfen drehbar be-
sind. Wenn nun der Quadrant als Windfahne in die
ng des Windes gedreht ist, so stöfst dieser lothrecht auf
heibe und hebt diese zu einer seiner Stärke proportio-
Höhe, die mittelst der auf dem Rande des Quadranten ge-
eten Grade gemessen werden kann. Man könnte den
at im Grofsen ausführen und bei hinlänglicher Gröfse
ffern, so wie bei den Zifferblättern der Uhren, aufser
ichtung des Windes auch dessen Stärke messen; Picke-
machte aber die Tafel nur einen Quadratfufs grofs aus
uch, welches gefirnifst und über einen Rahmen aus vier
n ausgespannt war. Der Apparat stand auf einem Pie-
, und der Schirm wurde im Jahre 1744 am 19ten Febr.
° gehoben, als man den Wind durch Sturm bezeichnete,
isten bis 79° und am 28sten bis 84°, als man an bei-
agen heftigen Sturm notirte. Ohne weitere Vorrichtung
die Tafel bei den nachlassenden Windstöfsen wieder zu-
llen, man könnte dann in jedem Augenblicke die statt
de Gewalt des Windes beobachten, es würden aber aller-
stets unangenehme Oscillationen der Tafel statt finden[2].

Philosophical Trans. N. 473. p. 9. Tom. XLIII.

Nach meinem Dafürhalten würde es bei einer wirklichen Aus-
g angemessen seyn, die Tafel nicht zu klein, vorzüglich aber
schwer, z. B. bei etwa zwei Quadratfufs Fläche zwischen 5 und

gerader Richtung entgegengehalten werden. In der Mitte d
oberen Randes der Scheibe befindet sich eine befestigte Sch
welche über eine an der Spindel angebrachte Rolle gezogen
in das Beobachtungszimmer herabgeht und daselbst mit ei
Gewicht versehn ist. Dieses drückt die Scheibe fortwäh
gegen die Spindel in die verticale Lage; wenn aber die G
walt des Windes sie zurückstöſst, so hebt sich das Gew
zu einer der Stärke dieses Stoſses proportionalen Höhe u
zeigt hierdurch die Geschwindigkeit des Windes an, die d
ein eigenes Hebelwerk unmittelbar gemessen werden soll. E
zugleich angegebene Vorrichtung, um die Richtung des W
des und seine Neigung gegen den Horizont zu messen, k
als nicht eben zweckmäſsig übergangen werden. Uebrig
sind hier nur allgemeine Umrisse angegeben, aus denen
die eigentliche Construction im Ganzen nicht wohl de
entnehmen kann. Diese hat einige Aehnlichkeit mit e
etwas früher bekannt gemachten, dem Erfinder indeſs nic
Kenntniſs gekommenen Anemometer von Demenge[1]
sind aber so zusammengesetzt, daſs nur eine ausführli
schreibung mit vielen Zeichnungen der einzelnen Theile
Vorstellung davon zu erzeugen vermag, und keiner von
scheint mir von so groſser Bedeutung, daſs ich es ge
fände, diese hier aufzunehmen.

9) Eins der ältesten, einfachsten und eben daher
immer brauchbarsten Anemometer ist das von Bouguer[2],
ches nachher viele Andere, z. B. Nollet[3], Zeiher[4] u. s.
zum Theil mit einigen unwesentlichen Verbesserungen besch
ben haben. Nach seiner ursprünglichen Gestalt, die ich
lieber wähle, weil sich alle anderweitige Verbesserungen
hinzufügen lassen, bestand dasselbe aus einer quadr
Fig. 212. Scheibe A an einer vierkantigen Stange B, welche genau,
doch mit geringster, durch Frictionsrollen möglichst z
mindernder Reibung in das hohle vierkantige Parallelepip

1 Journal de Physique cet. T. XV. p. 433. Die Abhandlung
schreibt ausführlich die einzelnen Theile und versinnlicht diese
eine Menge Figuren.

2 Manoeuvre des Vaisseaux. p. 151.

3 Art des Expériences. T. III. p. 62.

4 Novi Comment. Petrop. T. X. p. 302.

passt. In diesem befindet sich eine Spiralfeder, welche
Stange B mit wachsender Kraft zurücktreibt. Weht der
l gegen die Scheibe A, so treibt sein Druck die Stange
das hohle Parallelepipedum je nach seiner Stärke tiefer
n, und die auf der Stange gezeichneten Abtheilungen ge-
lie Stärke dieses Druckes in bestimmten Gewichtstheilen
Um diese letzteren zu messen, wird der Apparat vertical
lt, die Scheibe A mit zunehmend schwereren Gewichten
et, und auf der Stange B bemerkt, wie tief diese hier-
, das Gewicht der Scheibe selbst mitgerechnet, hinein-
kt wird. Hieraus ergiebt sich dann von selbst, dafs die
r Stange angemerkten Zahlen den Druck des Windes in
liesen Gewichten angeben, womit dieser, bei ihm ent-
erichteter Scheibe, die Stange in die Hülse zurückdrückt.
s Maximum der hierbei ausgeübten Kraft zu finden und
päter abzulesen, wird die Stange auf dem erreichten tief-
tande durch einen leichten Sperrkeil festgehalten. Uebri-
st aber erforderlich, den Windmesser am anderen Ende
ner gewöhnlichen, sehr grofsen Windfahne zu versehn,
diese die zum Messen des Druckes bestimmte Scheibe
chtung des Windes stets lothrecht entgegenstellt[1].

l) Nach Barlow[2] empfiehlt sich dieses Anemometer sehr
seiner Einfachheit, und eben deswegen darf man auch
in sehr nahe genaue Resultate von demselben erwarten. Aus
Ursache hat Regnier[3] dasselbe nach einer zweckmäfsig
erten Construction wieder in Vorschlag gebracht. Hier- Fig. 213.
t die Tafel GK von einer gegebenen Dimension bei-
n, welche dem Strome des Windes lothrecht entgegen
t wird. Vermittelst eines zur Steifung dienenden Kreu-
ist diese an der Stange EB festgemacht, gegen welche
er AF drückt, die im gewöhnlichen Zustande gar nicht
nnt ist, um den leisesten Druck des Windes gegen die

---

[1] Ein Anemometer dieser Art liefs Graf Schaafgotsch im Jahre
rch Pinzger verfertigen und auf der Schneekoppe aufstellen.
graphisch die Stärke des Windstofses in Pfunden und zugleich
ung und Richtung des Windes. S. Kastner Archiv für Chemie
eorologie. Bd. III. S. 86.

[2] Encyclopaedia metropolitana. Art. *Pneumatics*. T. I. p. 350.

[3] Bulletin de la Soc. d'Encouragement. N. 150.

Tafel anzuzeigen, durch das Zurückgedrücktwerden der Schi
aber widersteht sie diesem Drucke mit wachsender Spann
Um das dieser gleichkommende Gewicht zu bestimmen, l
man Gewichtstücke auf die in horizontale Lage gebrachte Schi
legen, oder dieselben an den Ring E hängen, welcher am En
der Stange angebracht ist. Aus der Zeichnung ersieht m
leicht den gezahnten Theil der Stange EB, welcher in ein G
triebe eingreift, an dessen Axe der aufsen angebrachte Zei
festsitzt. Auf dem äufseren Zifferblatte werden dann die Z
len gezeichnet, welche den jedesmaligen Gewichten zugeh
und indem der Zeiger dann zugleich einen andern[1] vor s
her treibt, so giebt letzterer zugleich durch seinen Stand
gröfste Intensität an, welche der Wind während einer
stimmten Zeit erreicht hat. Der Kasten, worin sich dieser M
chanismus befindet, kann sehr flach und von bedeutender Gr
seyn, um zugleich die Windfahne abzugeben, welche die M
sungsscheibe der Richtung des Windes lothrecht entgegen
Kennte man diese Richtung genau, und bliebe sie eine h
länglich lange Zeit unverändert, so könnte man diesen
Apparat unter gewissen Neigungen entgegen halten, und
diese Weise die diesen Winkeln zugehörige Kraft des Wi
messen.

11) Inzwischen ist die hier beschriebene Veränderung
ursprünglichen Windmessers nicht neu, vielmehr wurde
schon früher wirklich und noch obendrein zweckmäfsig
Ausführung gebracht, als Regnier sie angab, ohne dafs m
höchst wahrscheinlich ihm selbst dieses bekannt war. Es
sich nämlich nicht verkennen, dafs der Raum, welch
Ende der Feder beim Zusammendrücken durchläuft, w
nifsmäfsig klein, ihr Widerstand aber gleich anfangs be
grofs ist; sie verstattet daher nicht, die zunehmende
des Windes in genügenden Abstufungen von der geringst
zur gröfsten zu messen, wenn gleich durch den angeb
Zeiger der durch dessen Spitze durchlaufene Raum ver
wird. Diesem Mangel war abgeholfen bei einem schön
beiteten Windmesser, welchen v. Poschmann[2] zu Pe

1 Es würde am zweckmäfsigsten seyn, solche oft an
Zeiger durch den Namen *fliegende Zeiger* zu bezeichnen,
Analogie des fliegenden Index bei Sextanten und Kreisen.

2 Voigt's Magazin Th. VII. S. 463.

len Kaiser schon im Jahre 1803 verfertigte. Uebergehn hierbei die zugleich gewählte Einrichtung einer Windfahne, Stange in einen Kasten herabging, wo nach gewöhnli- Construction ein Zeiger die Windrichtung angab, eine etnadel aber die Orientirung gestattete, so bestand der rat zum Messen der Intensität des Windes gleichfalls aus flachen Scheibe, die durch die Luftströmung zurückge- t wurde und hierbei den wachsenden Gegendruck einer glich langen Spiralfeder überwinden mufste. Die Scheibe leichfalls mit einer gezahnten Stange versehn, welche ein be in Bewegung setzte, an desser aufsen hervorragender in Zeiger befestigt war, um die Intensität des Windes eben.

2) Nicht ganz von gleichem Alter, als der älteste der beschriebenen Windmesser, ist eine andere Classe, bei der Wind Räder oder Flügel umtreibt. Diese Art bietet rfindungsgeiste ein weites Feld dar, und man hat daher erzu gehörigen Apparate vielfach abgeändert. Einer der n dieser Art ist derjenige, welchen Christian Wolff[1] ieben hat. Um die Construction des wesentlichsten Thei- selben anschaulich zu machen, dient die nur diesen dar- le Zeichnung, wobei zu bemerken, dafs dieser Mecha- sich in einem flachen Kasten befindet, welcher auf ei- apfen drehbar selbst schon durch den Wind diejenige ng annimmt, vermöge welcher die Axe AB, an deren Fig. 214. Ende die Flügel lothrecht aufgesetzt sind, dem Winde n gewandt wird, zu welchem Zwecke noch aufserdem eine gröfsere eigentliche Windfahne angebracht ist. e AB, an deren einem Ende die kleinen Windmühlenflügel so, wie an denen gewöhnlicher Windmühlen, befestigt ist mit einer Schraube ohne Ende E versehn, welche in ahntes Rad F eingreift und dieses herumdreht. An die- tzt die mit einer ausgehöhlten Furche versehene Stange die als Träger der in der erforderlichen Entfernung von e der Scheibe F eingelegten Kugel L dient. Durch den des Windes gegen die Flügel werden diese und die B, woran sie festsitzen, umgedreht, die Schraube ohne

---

Elementa matheseos universae. Halae 1743. 4. T. II. p. 405. ta astronomiae. 1709.

enen Apparat dadurch zu verbessern wünschte, hauptsäch-
um auch schwächere Winde zu messen. Die angegebene
truction wird ohne Figuren verständlich seyn. Hiernach
t er eine vertical stehende, oben und unten mit konischen
en in Vertiefungen leicht und mit geringer Reibung be-
iche Axe. Am oberen Ende derselben befinden sich zwei
der parallele, um eine angemessene Höhe von einander
hende Scheiben, zwischen denen, je nach der Gröfse, acht
mehrere vertical stehende, sämmtlich nach einer Seite ge-
mte Bleche befestigt sind, die demnach eine Art von
mel bilden. Indem dann der Wind, von welcher Seite
hn mag, an den convexen Krümmungen abgleitet, sich
en in den gebildeten Höhlungen fängt, treibt er diese
mel stets nach der nämlichen Richtung um ihre verticale
Die Trommel befindet sich über einem Kasten, in wel-
der übrige Mechanismus angebracht ist; sie selbst bietet
Winde von allen Seiten freien Zutritt dar, indem blofs
vertical aufgerichtete Stangen oben einen Querbalken
, in dessen Mitte sich die Vertiefung befindet, worin die
Spitze der cylindrischen Axe läuft. Einige Zoll unter der
Decke des Kastens ist an der Axe die Schnecke mit
spiralförmigen Windungen befestigt, um welche sich
chnur schlingt, bis die gröfseren Radien der Schnecke
so starken Widerstand leisten, dafs der Wind denselben
weiter überwinden kann. Die Schnur läuft von der
cke an über eine in verticaler Ebene angebrachte Rolle,
über eine zweite, gleichfalls verticale, die mit der ersten
rechte Winkel bildet, ist dann um eine Trommel geschlungen
m andern Ende mit einem angemessenen Gewichte be-
rt. Die Axe dieser Trommel geht durch die eine Seiten-
des Kastens, und trägt an ihrem Ende einen Zeiger vor
getheilten Scheibe, auf welcher man vom Nullpuncte oder
inzlichen Windstille, dem Stillstande der Trommel, an-
d die jedesmalige Stärke des Windes abliest. Um aber
ch das Maximum der Intensität auch dann zu kennen,
dieses in der Abwesenheit des Beobachters statt gefunden
chiebt der erste Zeiger mittelst eines kleinen Zapfens ei-
weiten leicht beweglichen Zeiger vor sich hin und läfst
f derjenigen Stelle stehn, die das jedesmalige Maximum
t.

14) Diesem Anemometer läfst sich das von Michael Lomonosow erfundene füglich anreihen, ein *selbstregistrirendes*, welches zwar ausnehmend sinnreich ausgesonnen ist, schwerlich aber den beabsichtigten Zweck in allen Stücken erreichen möchte. Eine Durchschnittszeichnung der wesentlichsten Theile wird zum Fig. 215. Verständnifs genügen. Die an einer hohlen runden Stange befestigte, durch das Blech Q verlängerte Windfahne besteht aus einem flachen Kasten und trägt an ihrem oberen Ende das aus 16 leichten, mittelst der Drähte ccc und gg gesteiften Blechen a, a, a, ... verfertigte Rad, welches durch den Stofs des Windes um seine Axe getrieben wird. An der Axe desselben befindet sich das Getriebe d, welches in ein grofses gezahntes Rad F eingreift, dessen Rückgang die leichte Sperrfeder n hindert. An der Axe dieses Rades befindet sich das Getriebe e, welches in die Zähne eines zweiten Rades M eingreift, welches dieses durch die stärkere Feder ee dagegen gedrückt wird. Der Kürze halber möge hier nur bemerkt werden, dafs zugleich über an der Stange festsitzende Rolle eine mit ihrem einen Ende am Zapfen der Trommel p befestigte Schnur geschlungen ist, mit anderes Ende herabhängt und durch Anziehn das Rad auf der Welle auslöst, um den unteren Mechanismus wieder gehörig zu ordnen. Am Rade M sitzt eine Trommel p, um welche eine Schnur gewickelt ist, die durch die Oeffnung b der Stange gezogen in dieser herabgeht. Die den Windmesser tragende bewegliche hohle Stange ist möglichst leicht drehbar in der Oeffnung des massiven Stückes TT, welches sich auf der Spitze des Daches befindet und mit dem konischen Fortsatze GG versehn ist, wobei zugleich der Schirm RR dazu dient, den Regen und Schnee von der Oeffnung abzuhalten. Das untere Ende der Stange ruht mit seinem konischen Zapfen in einer Vertiefung des massiven Bodenstückes KK und trägt an einem Arm die (unnöthiger Weise in einen Kasten eingeschlossene) Trommel H, um welche die herabgehende Schnur viele Male umgewickelt ist. Nimmt man hinzu, dafs auf dem Bodenstücke KK die Windrose horizontal ausgebreitet ist, so übersieht man bald den Gebrauch dieses Anemometers. Es kann man das untere Ende der Stange mit einem Zeiger versehn, welcher die jedesmalige Richtung des Windes anzeigt, oder es geschieht dieses schon von selbst durch die Trommel. Letztere giebt aufserdem, wenn sie auf 0 gestellt ist, ein

kleinen Zeigers n die Umdrehung an, ist aber aufserdem
:hen u und y mit einer gebogenen Glasröhre versehn,
ı sich Quecksilber befindet, wovon ein Theil ausläuft, so-
sie durch Umdrehung der Trommel den tiefsten Stand
ten hat. Hierdurch beabsichtigt Lomonosow Selbstregi-
ng zu erhalten. Zu diesem Zwecke ist die Windrose in
ele Fächer getheilt, als man Windrichtungen beobachten
die Trommel dreht sich um so öfter um, je stärker der
l weht, und die Quantität des ausgeflossenen Quecksil-
giebt dann die Stärke des Windes, das Gefach aber die-
Richtung an, aus welcher derselbe geweht hat. Durch
hen der oben erwähnten Schnur wird dann das Rad M
öst, die Trommel H während dieser Zeit nach Umwin-
seiner Schnur wieder auf 0 gestellt, das Quecksilber auf
iete Weise wieder in die Röhre gefüllt, und die Feder e e
das Rad M gegen das Getriebe, worauf das Spiel des
nismus abermals beginnt.

Um das Verhältnifs zwischen der Umdrehung der Trom-
l und der Geschwindigkeit des Windes zu finden, bringt
nosow das von Bouguer empfohlene Verfahren in Vor-
. Man mifst zu einer gewissen Zeit mittelst fliegender
federn die Geschwindigkeit der Luftbewegung, und be-
zugleich, um wie viel, vom 0 Puncte an gezählt, sich
rommel H umdreht. Ist dieses aufgefunden, so ergiebt
ieraus das Verhältnifs dieser Umdrehungen in einer ge-
n Zeit zur Geschwindigkeit des Windes, wobei voraus-
: wird, dafs die Reibung ohne Einflufs ist und die Menge
mläufe des Flügelrades in einer gegebenen Zeit mit der
windigkeit des Windes im geraden Verhältnisse wächst.
osow's Anemometer ist zugleich ein selbstregistrirendes,
würde hauptsächlich wegen seiner Einfachheit auf Vor-
ıkeit Anspruch haben, wenn es möglich wäre, die Quan-
es bei jeder Umdrehung der Trommel H ausfliefsenden
ilbers genau zu moderiren, so dafs nach einer gegebe-
eit das Mafs der in den verschiedenen Zellen vorhande-
enge desselben die Zahl der Umdrehungen der Trommel,
die Geschwindigkeit des Windes, die Gefächer aber,
dasselbe angesammelt ist, die Richtung desselben angä-
was immerhin vollkommen genügend seyn würde. Allein
kaum abzusehn, auf welche Weise diese Aufgabe gelöst

werden könnte; denn so wie hier angegeben worden ist, [illegible] nothwendig mehr Quecksilber ausfliefsen, wenn die T[illegible] sich langsam dreht oder wenn sie gar zufällig in Folge [illegible] eingetretenen Windstille mit ihrer Oeffnung nach [illegible] kehrt eine Zeit lang still stehn sollte. Inzwischen wä[illegible] sem Uebelstande leicht abzuhelfen, wenn man z. B. [illegible] Rinne Kugeln herabrollen, allezeit die vorderste in ein[illegible] wärts befindliche Rinne treten liefse und dann die Ein[illegible] träfe, dafs diese Kugel bei jeder Umdrehung der T[illegible] durch einen an derselben befindlichen Stift in das Ge[illegible] Windrose geschoben würde, anderer, nicht eben schw[illegible] Mechanismen nicht zu gedenken. Bei wirklicher Anw[illegible] müfsten aufserdem die Flügel des obersten Rades gegen [illegible] und Schnee und den Schmuz sich darauf setzender Vögel [illegible] eine geeignete Bedachung geschützt werden.

15) Dasjenige Anemometer, von welchem am meist[illegible] hebens gemacht, welches aber dennoch vermuthlich [illegible] wirklich ausgeführt wurde, weil es sich allzuweit von [illegible] solche Apparate unentbehrlichen Einfachheit entfernt, [illegible] durch D'ONS-EN-BRAY[1] in Vorschlag gebrachte. Die [illegible] sechs grofse Kupfertafeln erläuterte Beschreibung so voll[illegible] mitzutheilen, dafs sie dem Künstler zum Verfertigen de[illegible] genügte, würde für unsern Zweck zu weitläuftig und [illegible] weniger nützlich seyn, als zuverlässig niemand gegen[illegible] dieses verlangen wird. Folgende Angaben werden indefs [illegible] nügen, um eine allgemeine Vorstellung davon zu erhalten. [illegible] Ganze besteht aus drei abgesonderten Apparaten, die [illegible] eine graphische Darstellung der Richtung und Stärke des [illegible] des für je 24 Stunden geben, was zwar in der Idee se[illegible] lockend, in der Ausführung aber so complicirt ist und s[illegible] Mühe erfordert, dafs es fast ebenso leicht seyn würde, [illegible] dieses sicherer durch unausgesetzte Beobachtungen zu er[illegible] Um die Richtung des Windes zu wissen, dient eine [illegible] Windfahne, welche hinlänglich grofs und daher sowohl [illegible] beweglich, als auch mit genügender Kraft wirkend ein[illegible] vom Dache herab in das Beobachtungs- oder Messungs[illegible] fortgehende Stange in Bewegung setzt. Unten in diesem [illegible] mer ist die Stange mit einem starken Cylinder versehen, welchen in einer schraubenförmig ihn umgebenden Linie [illegible]

1 Histoire de l'Acad. des Sciences. Ann. 1734. p. 123.

te eingeschlagen sind, die zur Bezeichnung der 32 Windtungen dienen. Wie sogleich von selbst auffallen mufs, de eine bedeutende Vereinfachung schon dadurch herbeigeit werden, wenn man statt dieser 32 nur 16 wählte, was jeden Fall genügen würde. An diesem Cylinder, seiner parallel, wird die Fläche eines breiten und sehr langen ifens Papier vorbeigeführt, und da die einzelnen Stifte verge der schraubenförmigen Windung sich in ungleicher Höhe den, so streift allezeit, je nach der Drehung der Windie, nur einer oder auch zwei Stifte, wenn die Windrich; in die Mitte zwischen beide fällt, über die Fläche des ihnen hingezogenen Papierstreifens. Um aber hierbei das ier nicht zu zerreifsen, haben die Stifte eine umgebogene, inem Scharnier bewegliche Spitze, deren krumme Enden beim Rückgange oder bei wiederholten Drehungen des inders nicht in das Papier einhaken können, die aber durch kleine Feder gerade genügend angedrückt werden, um eisichtbaren Strich auf dem Papier zu erzeugen. Das Papier nach einer von Wirslow angegebenen Verfahrungsweise ns bereitet, indem man gewöhnliches starkes Schreibpapier calcinirtem Hirschhorn einreibt, auf welchem dann die Stifte n Streif wie von Bleistift zeichnen, und wenn man es her wieder abreibt, so kann es wiederholt gebraucht wer. Der etliche Fufs lange Streif wird auf zwei vertical stede Walzen gewunden, so dafs er genügend straff angezogen gleichzeitig von der einen abwickelt und auf die andere wickelt. Beide Walzen werden durch ein Uhrwerk, welden zweiten Haupttheil des ganzen Apparates bildet, um verticale Axe gedreht, und somit ist ein regelmäfsiAuf- und Abwickeln gegeben; auch wäre, da die Uhr Stunden gehn soll, hiermit die Zeit von selbst bestimmt; aber nicht jederzeit durch den Anfang der Bewegung gedert und um der hierdurch nöthigen Reductionen überhoben seyn, ist noch ein zweiter Mechanismus angebracht, verge dessen ein kleines Hämmerchen jede Viertelstunde gegen en federnden Stift schlägt, welcher im oberen Rande des Pastreifens ein Loch macht, so dafs neben den Strichen, die Windrichtung anzeigen, auch die zugehörige Zeit durch ie Löcher auf dem Papiere bezeichnet ist. Ob die schon diese Weise durchlöcherten Streifen sich zum zweiten oder

gar dritten Male gebrauchen lassen, ohne Verwirrung zu erzeugen, möge auf sich beruhn; es ergiebt sich aber von selbst die grofse Mühe, die das Abnehmen, Einsetzen und Bezeichnen dieser Streifen verursacht, aufserdem aber räth D'Ons-en-Bray mehrere Walzen mit den gehörigen Streifen in Bereitschaft zu halten, um die einen schneller wegnehmen und die andern einsetzen zu können, damit keine zu grofse Zwischenzeit verloren gehe.

Um die Geschwindigkeit des Windes zu messen, befindet sich unter der Windfahne eine Trommel (*Moulin à la Polonaise*) von gleicher Einrichtung, als die oben angegebene, von Leutmann empfohlene, die durch den Wind seiner Stärke proportional schneller herumgetrieben wird. Am tiefer herabgehenden Ende der diese Trommel tragenden Axe ist ein gezahntes Rad, welches in ein Getriebe eingreift und dieses herumdreht. Von diesem geht eine Stange in das Beobachtungszimmer hinab, und um hinsichtlich der weiteren Beschreibung kurz zu seyn, wird es genügen zu bemerken, dafs nach der Einrichtung des zugehörigen Räderwerkes 400 Umläufe der Trommel erfordert werden, um einen kleinen Hammer zu heben, der dann gegen einen Stift schlägt und mittelst desselben in einen Streifen Papier an dessen oberem Rande ein Löchelchen bohrt. Diese Papierstreifen sollen 18 bis 20 Fufs lang und 1,5 Zoll breit seyn; sie werden auf gleiche Weise, wie die beschriebenen breiteren, von einer Walze auf die andere durch das im Beobachtungszimmer befindliche Uhrwerk abgewickelt, und während am oberen Rande derselben die genannten Löcher zum Zählen der Umdrehungen der Trommel eingestochen werden, ist ein dem bereits beschriebenen gleicher Mechanismus angebracht, mittelst dessen am unteren Rande in Viertelstunde Löcher eingeschlagen werden. So wie daher die breiten Streifen die den Zeiten zugehörigen Windrichtungen graphisch darstellen, geben die schmalen die denselben Zeiten zukommenden Intensitäten. Um aber die den Umdrehungen der Trommel zugehörigen Geschwindigkeiten des Windes zu finden, verspricht D'Ons-en-Bray eine Reihe neuer Versuche anzustellen und deren Resultate mitzutheilen, was aber, so viel mir bekannt, nicht geschehn ist.

Man begreift leicht, dafs die sämmtlichen, hier angegebenen Mechanismen im Bereiche der Möglichkeit liegen, und sich

Ausführung, wenn man die dazu erforderlichen Kosten
nden wollte, würde mit keinen bedeutenden Schwierig-
i verbunden seyn. Wenn man aber namentlich bei dem
t beschriebenen Windmesser den Aufwand von Zeit be-
ichtigt, welchen die Präparation des Papiers, das Auf- und
ckeln desselben auf die Walzen, das Aufziehn und Rich-
ler Uhr und das Eintragen der erhaltenen Linien und
e in das Beobachtungsjournal erfordern würden, so steht
mit dem erhaltenen Resultate in keinem angemessenen
ltnisse, denn meteorologische Register von einem und
lben Orte verlieren durch allzugrofse Ausführlichkeit und
ch erschwerte Uebersicht überhaupt an Werth; zu inter-
en und wichtigen Schlüssen gelangt man dagegen nur
st nicht zu zahlreicher, aber genauer Beobachtungen, die
rschiedenen, ungleich weit von einander abstehenden Or-
leichzeitig angestellt worden sind.

(6) Um die am meisten bekannt gewordenen Windmesser
ihrer ungefähren Zeitfolge zu ordnen, möge hier derjenige
nt werden, welchen Pélisson[1] angab und durch den
acher Droz verfertigen liefs. Derselbe bestand aus vier
n Windmühlenflügeln an einer beweglichen horizontalen
die durch eine geeignete Windfahne jederzeit dem herr-
den Winde entgegengehalten und durch diesen umgetrieben
n. Die Axe war mit einem Ansatze versehn, welcher
dem Umlaufe ein gezahntes Rad mit 100 Zähnen um ei-
Zahn weiter rückte, wodurch zugleich ein Hammer geho-
wurde, welcher sich nach einer ganzen Umdrehung dieses
auslöste und gegen eine Glocke schlug. Hiernach er-
bei je 100 Umläufen der Windmühle ein Schlag, und je
icher diese letzteren in einer gegebenen Zeit erfolgten,
stärker war der Wind. Ein bestimmtes Verhältnifs zwi-
der Zahl dieser Umläufe der Windmühle und der zuge-
en Geschwindigkeit des Windes ist indefs nicht angege-
das Werkzeug war daher mehr eine auf dem Dache des
chters angebrachte interessante und amüsante Spielerei, als
igentlicher Mefsapparat; obendrein aber wäre eine unaus-
te Aufmerksamkeit auf die Schläge der Glocke eine all-
l Zeit raubende Aufgabe.

Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde von ei-
esellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 1790. Th. X.

17) Wenden wir uns zu den neueren, einfacher und zweckmäfsiger construirten Apparaten, die der Messung des Windes gewidmet sind, so zerfallen sie in zwei Classen, deren eine die selbstregistrirenden Windfahnen, die andere die Vorrichtungen zum Messen der Stärke des Windes in sich fafst. Die erste die Classe der *Anemographen* (welche Bezeichnung ich für richtiger halte, als die gebräuchliche *Anemometrographen*) dürfte die wichtigste seyn, denn die Kenntnifs der Windrichtungen und ihrer Wechsel ist für die Einsicht der Windverhältnisse bei weitem am wesentlichsten, und da es einen allzugrofsen Aufwand von Zeit und Mühe erfordert, unausgesetzt bei Tage und bei Nacht zu beobachten, so mufs es allerdings als sehr wünschenswerth erscheinen, dieser zeitraubenden Anstrengung überhoben zu seyn und dennoch die wechselnden Windrichtungen genau zu kennen. Die Stärke oder vielmehr die Geschwindigkeit des Windes zu messen ist nur in einzelnen Fällen, namentlich bei heftigen Stürmen, in wissenschaftlicher Hinsicht wichtig, um die Wirkungen desselben mit den bestehenden mechanischen Gesetzen in Einklang zu bringen; eine fortdauernde, durch künstliche Apparate zu erreichende Aufzeichnung der Stärke des Windes dürfte dagegen als ein unnützer nöthiger Luxus erscheinen. Wir wollen daher die vorzüglichsten, für beide Zwecke gemachten Vorschläge zusammenstellen und dabei der ersten Classe die gröfste Aufmerksamkeit zuwenden, um so mehr, da gegenwärtig gegründete Hoffnung vorhanden ist, durch correspondirende Beobachtungen die Gesetze der Meteorologie genauer zu ergründen, wobei die Wechsel der Windrichtungen von sehr grofser Bedeutung sind.

18) Der früheste, sehr zweckmäfsige und bei der Einführung als brauchbar bewährte Anemograph, welchen Lorgna Driani[1] auf seinem Observatorium in Mailand errichtete, ist mit Hülfe einer Zeichnung seiner wesentlichsten Theile leicht zu verstehn. Zur Verminderung des Raumes ist die Windfahne, welche aus einem hinlänglich langen, durch eine Kugel als Gegengewicht balancirten Bleche besteht, weggelassen. Die gewöhnliche Fahne ist an einer hinlänglich langen, in das Beobachtungszimmer herabgehenden, eisernen Stange NN (Fig. 216.) sitzend, die, wie gewöhnlich, mit ihrer unteren stählernen

1 Gothaisches Magazin. Th. XI. S. 93.

e leicht beweglich in einer konisch ausgehöhlten Vertie-
einer Scheibe von Glockenspeise ruht. Am unteren Theile
: Stange sind für die acht Windrichtungen eigenthümlich
rmirte Hebelarme aufgeschraubt, deren Beschaffenheit aus
Zeichnung im vergrößerten Maßstabe leicht hervorgeht.
iserner Ring www dient dazu, sie auf die Stange zu schie- Fig.
nd bequem in die erforderliche Richtung zu bringen, wo 217.
ermittelst der Klemmschraube h unbeweglich festgestellt
:n. Gegenüber ist ein hohler Cylinder angebracht, in
ien ein Stab mit einem Bogenstücke rr gesteckt und
st der Klemmschraube t gleichfalls festgestellt wird. Die-
orizontal liegende, an den Enden etwas aufwärts ge-
mte Bogen mißt gerade einen Octanten, und man kann
leicht vorstellen, daß, wenn deren acht in einer Schrau-
ie auf der eisernen Stange in gehörigem Abstande aufge-
: werden, diese Bogen im Ganzen einen Kreis bilden. Je-
on ihnen gehört somit zu einer der acht Windrichtungen
muß durch die Drehung der Windfahne von selbst dem
pparate des Windes gegenüber zu stehn kommen. Es
: überflüssig seyn, sie alle in ihren verschiedenen Stel-
n zu zeichnen, und es genügt vielmehr, dieses nur bei
: zu thun. Der zum Aufzeichnen der Windrichtungen Fig.
nde Apparat besteht aus dem Rahmen ACB, dessen un- 216.
Stange D in einer Hülse auf und ab verschiebbar ist und
: eine Klemmschraube in der gehörigen Höhe festgestellt
Durch diesen Rahmen gehn die horizontalen vierkan-
Stäbe p, p, p, ... mit Hülsen a, a, a, ... an ihren
n, durch welche die verticalen Stäbe l, l, l, ... gesteckt
en, die als Träger der Zeichenstifte dienen. Die Hülsen
a, ... sind entweder federnd, um diese Träger in be-
er Höhe festzustellen, oder Letzteres geschieht mittelst
mschrauben, was LANDRIANI wählte, mir aber minder
kdienlich scheint. Die horizontalen Stäbe sind in dem
nkel AC des Rahmens mittelst durchgesteckter Stifte be-
ich, ruhn aber auf schwachen Federn im andern Schenkel
die zwar die Berührung der Zeichenstifte mit der Glas-
nicht hindern, wohl aber ihren Druck auf dieselbe bei
Stäben gleichmachen und hauptsächlich bei den längeren
n gewaltsames Auffallen verhüten. Bringt der Wind mit-
der Drehung der Stange NN einen der Bogen über das

Ende p eines der Stäbe, so wird der kürzere Hebelarm niedergedrückt, die Zeichenspitze aufser Berührung mit der Cartafel gesetzt, und die dieser zugehörige Windrichtung wird daher nicht gezeichnet, was so lange dauert, als der Bogen den Hebelarm niederhält. Entfernt sich der Octant von dem ihm zugehörigen Hebelarme, so fällt der Zeichenstift wieder auf die Scheibe herab, gleichzeitig mufs dann aber ein anderer Octant den ihm zugehörigen Hebelarm niederdrücken, wobei das Hin- auf- und Herabgleiten der Octanten auf die Hebelarme leicht erfolgt, weil die ersteren an beiden Enden etwas aufgebogen sind, so dafs auch ein Rückgang der Windrichtung auf gleiche Weise mit Sicherheit bezeichnet wird.

Die Tafel MM ist kreisrund, liegt genau horizontal und kann mittelst einer Stellschraube herabgelassen, dann unter den Stiften weggezogen und gereinigt werden. Sie besteht aus einer dickem Spiegelglase, und ist auf einem Zapfen befestigt, welcher in einer Hülse steckend mittelst eines Uhrwerks in 12 Stunden einmal herumgedreht wird, so dafs die Scheibe sich gleichfalls in horizontaler Ebene binnen dieser Zeit ganz herumdreht. Auf ihrer oberen Seite ist sie mit Schmirgel matt geschliffen, damit auf dieser rauhen Fläche die Zeichenstifte sichtbare Linien zurücklassen. Durch sieben concentrische Kreise ist sie in acht Ringe getheilt, deren jeder einer der acht Windrichtungen zugehört, die auf der Scheibe gehörig bezeichnet sind. Aufserdem ist die Scheibe in 12 Sectoren getheilt, jeder derselben einer Stunde zugehörig, der Bogen jedes Sectors ist aber wieder in 30 Theile getheilt, deren jeder also einem Zeitabschnitte von zwei Minuten zugehört, so dafs man von zwei zu zwei Minuten die in jeder Stunde vorgekommene Windrichtung erkennt.

Hiernach ist die ganze Einrichtung leicht verständlich, es braucht kaum erinnert zu werden, dafs man einen jeden der Ringe mit ihren Bogen auf der Windfahnenstange in diese Stellung bringen müsse, vermöge welcher der ihm zugehörige Stift den auf der Scheibe hiernach bezeichneten Streifen trifft. Dieses ist leicht zu bewerkstelligen; denn da die Ringe in einer Schraubenlinie ganz um die Stange herumgehn, so darf man nur z. B. den obersten Ring so stellen, dafs bei genauem Nordwinde die Mitte seines Octanten den obersten Hebel niederdrückt, wenn der dem Centrum der Scheibe nächste Ring

lord bezeichnet ist. Für die normale Drehung des Win- ürde dann der zweite Ring der Richtung NO. zugehören w., wenn die folgenden Streifen in dieser Ordnung bis iufsersten für NW. ebenso bezeichnet sind. Eine rück- ge Drehung des Windes schadet hierbei nichts, denn die der Octanten sind an ihren beiden Enden etwas aufge- , so dafs sie nach jeder Seite hin über die kurzen Hebel- ortgleiten und diese niederdrücken. So weit ein Strich r Scheibe fehlt, herrschte während der Zeit der diesem n zugehörige Wind und das Diarium der Windrichtungen iernach leicht geführt werden.

o weit dürfte der Apparat seinem Zwecke vollkommen ssen seyn, vorausgesetzt, dafs die Stifthalter 1, 1, 1, ... ge ihrer Länge durch den Widerstand beim Zeichnen nicht rer verticalen Lage kommen, was dadurch zu erreichen dafs man sie so kurz, als möglich, herrichtet, und sol- ichenstifte wählt, die leicht über die Scheibe hingleiten, h aber einen sichtbaren Strich erzeugen[1]. Landriani ch einige Einrichtungen angebracht, die mir minder we- ı für den Hauptzweck und mehr für eine elegante Dar- ; bestimmt zu seyn scheinen. Bleistift giebt schwer che Linien auf matt geschliffenem Glase, weicher Roth- löthel) dagegen leicht kenntliche, doch müfste erst un- t werden, ob dieses auch dann der Fall ist, wenn ein nger Druck gegen die Fläche statt findet, dafs die Stäbe durch nicht biegen. Landriani wählte statt dieser Stifte ehr enge zulaufende, mit farbiger Tinte angefüllte, ko- Röhren, aus denen die Flüssigkeit für sich nicht aus- rohl aber auf der Scheibe einen Strich zurückliefs. Die t nicht verwerflich, wenn es gleich der verschiedenen gen nicht bedarf, welche vom Erfinder der Eleganz we- vählt wurden. Der gegebenen Anweisung nach soll man

---

[1] Es liefse sich dieses durch eine Strebeleiste erreichen, die an e angebracht werden müfste, wohin sich die Scheibe dreht. he die Stifthalter nur kaum berühren, würde also nicht das derselben, was ohnehin mit bedeutender Kraft geschieht, e Weise aber ihr Herabsinken, wohl aber ihr Ausweichen in r Reibung auf der Scheibe hindern. Der Deutlichkeit wegen Strebeleiste in der Zeichnung durch eine punctirte Linie an-

aufserdem den ganzen Rahmen ACB in seiner Hülse in die Höhe ziehn und mittelst einer Stellschraube feststellen, dann die gezeichnete Scheibe flach auf den Tisch legen, mit einer gleich grofsen Scheibe genäfsten Papiers bedecken und dieses mittelst eines weichen Ballens andrücken, damit die gezeichneten Linien sich darauf abdrucken, zu welchem Ende die Glasscheiben mit einem Firnifs überzogen werden mufs. Dieses gewährt zwar einen angenehmen Anblick, allein es führt den bei meteorologischen Registern einzelner Orte so gewöhnlichen wesentlichen Nachtheil herbei, dafs sie wegen zu grofser Umführlichkeit an Leichtigkeit der Uebersicht verlieren und zugleich zu kostbar werden, als dafs die Meteorologen von Fach sie anschaffen könnten. Die beste Methode des *Aufzeichnens der Windrichtungen* bleibt immer die von Ross gewählte, wonach man in der ersten Verticalcolumne die Tage benennt, diesen acht Columnen für die acht Winde anreiht, die durch die Ueberschriften bezeichnet werden, und unter diesen die Zahl der Stunden bemerkt, während welcher die genannten Winde herrschten, wonach dann die in einer jeden horizontalen Reihe angegebenen Stunden allezeit zusammenaddirt werden müssen. Bedient man sich für diesen Zweck des hier beschriebenen Anemographen, so würde erforderlich seyn, mehrere gleiche Glasscheiben bereit zu haben und nach Wegnahme einer sogleich die andere einzusetzen, nachher aber die Eintragung der Resultate der ersteren in das Register vornehmen. Geschieht das Zeichnen der Linien mit Rothstift, lassen sich dieselben durch Abwischen mit einem nassen Läppchen leicht wegnehmen, und die Scheibe ist zum wiederholten Einsetzen wieder hergestellt.

19) Durch die Bekanntwerdung dieses Anemographen veranlafste Parrot[1] der Aeltere zu der Anzeige veranlafst, dafs er schon früher einen ähnlichen Apparat sowohl im Kleinen als auch im Grofsen habe ausführen lassen. Die Einrichtung war im Wesentlichen die nämliche, jedoch hatte der Apparat 16 Claves, und statt der Octanten Rollen, die über die Hebelarme hinglitten, und hierdurch den Wechsel der Windrichtungen anschaulicher darstellten.

20) Neuerdings haben insbesondere die Engländer [illegible]

1 Voigt's Magazin. Bd. I. St. 2. S. 144.

s auf die Verbesserung der selbstregistrirenden Anemoskope
andt. Um die vorzüglichsten derselben hier anzugeben,
zuerst das von Traill[1] erwähnt werden, wovon er die
Notiz bei der Versammlung der Naturforscher zu Ham-
im Herbst 1830 mittheilte. Dasselbe besteht in seiner Fig.
hsten Gestalt aus einer gewöhnlichen Windfahne b an ei- 218.
netallenen Stange a a, die bei gröfserer Länge der leichte-
eweglichkeit wegen zwischen Frictionsrollen oder, wenn
ürzer ist, in geeigneten Ringen umläuft. Am unteren
ist sie mit einem stählernen Kegel versehn, welcher auf
Feuersteine mit einer Vertiefung, wie sich solche oft bei
Fossilien finden, ruhet. Letzterer wird in der Mitte
gewöhnlichen runden Schreibschieferplatte befestigt, auf
äufserem Rande die Windrichtungen eingegraben sind.
vier Zoll über dieser Tafel ist der horizontale Arm c be-
, welcher die federnde Hülse d trägt, in welche ein
erzeichenstift eingesetzt wird, welcher beim Drehen der
fahne und ihrer Stange die Windrichtung aufzeichnet, und
erbei den erforderlichen Druck zu erhalten und diesen
g zu mäfsigen, dient das verschiebbare Gewicht e auf
horizontalen Arme. Findet man es unbequem, die
ichtung auf diese Weise kenntlich zu machen, so em-
Traill eine andere ältere, oben §. 3 bereits erwähnte
htung, von welcher wir hier der Vollständigkeit wegen
falls eine Zeichnung mittheilen, mit dem Bemerken, dafs
orrichtung nach den vorhandenen Localitäten beliebig ab-
rt werden kann, wenn nur im Allgemeinen die Lage des
s in einer verticalen Ebene beibehalten wird. Die Stange Fig.
t hiernach bei d in einen Kasten und ist mit einem hori- 219.
n gezahnten Rade e versehn, dessen Zähne in die eines
n vertical stehenden c eingreifen, und da beide gleich
ind, so werden sie auch gleich viele Umläufe machen.
ke des zweiten Rades geht durch die Wandung des Ka-
und ist an ihrem Ende mit einem Zeiger versehn, wel-
or einer porzellanenen Scheibe umläuft, auf deren Rande
indrichtungen gezeichnet sind. Anfangs versah Traill
ne Ende f dieses Zeigers mit einer Hülse und einem

---

[1] Edinburgh New Philos. Journ. N. XXXV. p. 193. Genauer be-
n N. XLIV. p. 313.

darin steckenden Bleistift, welcher auf der Porzellantafel ein feinen, aber sehr kenntlichen Strich zog; weil sich aber die Spitze des Stiftes abnutzte und dann nicht mehr zeichnete, schien es zweckmäfsiger, zwei registrirende Zeiger g, g anzubringen, welche die äufsersten Grenzen der statt gehabten Windrichtungen angaben. Es scheint indefs, als habe Traill sich durch diese Schwierigkeit zu schnell abschrecken lassen, da sie doch sehr leicht zu überwinden wäre, wenn man den Zeigerarme f eine leichte Feder hinzufügte, die den eingesetzten Stift ungefähr mit der nämlichen Kraft gegen die vertikale Scheibe drückte, als bei dem vorhin beschriebenen einfachen *Anemographen* das Gewicht e den horizontalen Arm gegen die horizontale Scheibe drückt. Man könnte bei dieser Einrichtung statt des porzellanenen Zifferblattes gleichfalls eine Schiefertafel wählen, wenn die Linien auf dieser sichtbarer werden. Eine Erweiterung des Apparates, wonach mittelst eines zweiten gezahnten Rades noch aufserdem vier Umläufe der Windfahne gemessen werden können, halte ich für überflüssig, im Einzelnen zu beschreiben, da doch, wie Traill richtig bemerkt, täglich mindestens einmal nachgesehn werden mufs, ob der Wind schwerlich jemals binnen 24 Stunden mehr als einen ganzen Umlauf machen wird, es sey denn bei einem heftigen Sturme, in welchem Falle man ohnehin öfter beobachten mufs, um die Zeit der Aenderungen genauer zu erforschen. Um das Hineinfallen des Staubes in den Kasten zu verhüten, ist an der Stange der Windfahne ein kleines Schutzdach vorhanden, welches aus der blofsen Zeichnung deutlich wird. Bei dem eleganten, von Traill vorgezeigten kleinen Apparate, dessen Stange von Messing war, dürfte diese Vorrichtung wegen der Feinheit der Räder schon zur Sicherung gegen Staub nothwendig seyn, würde aber die Vorrichtung im Grofsen ausgeführt, wozu sie sich sehr gut eignet, so erfordert die Sicherung gegen Regen und Schnee dieses Schutzmittel nothwendig.

Fig. 220.

21) Der Vollständigkeit wegen möge noch ein Anemometer erwähnt werden, wovon schwerlich später Gebrauch gemacht wurde. Dasselbe ist von B. M. Foster[1] angegeben worden und dazu bestimmt, die durch Windfahnen nicht wohl messbaren schwachen Luftströmungen zu messen. Veranlassung

1 Edinburgh Journal of Science. N. XVII. p. 167.

das bekannte Verfahren der Jäger, die für diesen Zweck
n benetzten Finger vertical in die Höhe halten und die
idrichtung aus dem Streifen an dessen Oberfläche erkennen,
:her eine mit der Stärke des Windes zunehmende empfind-
: Kälte zeigt, weil die stets neu herbeigeführte Luft die
lampfung befördert und daher den Streifen, welcher in der
tung der herrschenden Luftströmung liegt, am stärksten
tet. Dieses Mittel ist in der That sehr zweckmäfsig, es
it wirklich alles, was man bei der Einfachheit desselben
rten darf, und es wäre daher am angemessensten, dasselbe
rändert beibehalten; statt dessen soll man einen sechsecki-
(warum nicht lieber einen achteckigen nach den acht Wind-
ungen?), der Zeichnung nach etwa 3 Zoll hohen und 8 Z.
n Kasten nehmen, in die sechs Seiten desselben runde
er schneiden und diese mit benetztem Fliefspapier über-
n. Von diesen Scheiben werden diejenigen am schnellsten
nen, welche der herrschenden Windrichtung entgegenstehn,
aus ihrer ungleichen Trockenheit soll dann auf diese Wind-
ng geschlossen werden. Wenn man aber berücksichtigt,
chwer es halten würde, bei den sechs einzelnen Papier-
en einen gleichen Grad der Benetzung zu erreichen, wie
iglich aber ein eigentliches Trockenheitsmafs zu erhalten
, abgerechnet dafs unter geeigneten Umständen das Aus-
nen aller Scheiben in sehr kurzer Zeit erfolgen könnte, so
die grofse Mühe auf der einen Seite und die geringe
fe der Messung auf der andern nothwendig von der wirk-
n Ausführung abhalten.

Brewster[1] meint, das Instrument liefse sich sehr ver-
n, wenn in jeder der Oeffnungen ein das Minimum der
eratur registrirendes, mit nassem Papier bedecktes Ther-
ter angebracht würde, um nach einer gegebenen Zeit hier-
über das Verhalten der Winde urtheilen zu können. Auf
Weise könne man auch in Abwesenheit des Beobachters
die Veränderungen der Windrichtungen, und was in die-
eziehung während einer gegebenen Zeit vorgegangen sey,
unft erhalten. Die Kugeln der Thermometer könnten durch
d eine geeignete Vorrichtung leicht fortdauernd nafs er-
n werden; man könne aufserdem auch eine gröfsere Zahl

[1] In einer Anm. a. a. O.

Thermometer vereinigen und eins derselben gegen jeden Einfluſs des Windes schützen, um hiermit die übrigen zu vergleichen. Es bedarf indeſs wohl kaum der Mühe, ungeachtet der bedeutenden Autorität des Urhebers auch dieser letzteren Vorrichtung, die groſsen Schwierigkeiten geltend zu machen, die der Ausführung dieser Idee im Wege stehn und sie bis zur gänzlichen Unbrauchbarkeit herabsinken machen. Unter andern dürften die Löcher hierbei nicht offen seyn, weil sonst der durchstreichende Wind zwei gegenüberstehende Thermometer afficiren würde, das benetzte Papier würde dabei wegfallen und man erhielte einen bloſsen kantigen Kasten. Denken wir uns den letzteren sechseckig und den Wind in einer gewissen Richtung wehend, so würde er die normal getroffene und die beiden dieser zunächst liegenden Seiten ohne Zweifel auf gleiche Weise afficiren, weil er an den letzteren freier hinstreicht, von der ersteren aber sich aufstauet. Hierbei ist die Kostbarkeit eines solchen Apparates und die gänzliche Unbestimmtheit der Zeit, wann der abkühlende Wind wehte, noch gar nicht zu berücksichtigt, nicht zu gedenken, daſs so schwache Winde, um die leichteste Fahne zu drehn unvermögend sind, kaum von einigem Interesse seyn dürften.

22) Charles Atherton[1] hat einen Anemograph in Vorschlag gebracht, welcher zugleich mit einem zum Messen der *Fluthhöhen* bestimmten Apparate verbunden ist. Letzterer macht den Haupttheil aus und besteht aus einem Kasten, welcher durch das steigende Niveau des Meeres gehoben wird, während ein Stift auf einer durch ein Uhrwerk um ihre Axe gedrehten Scheibe diese Höhen aufzeichnet. Eben dieses Uhrwerk bewegt eine zweite Scheibe, auf welcher ein durch die Windfahne bewegter Pinsel insbesondere die Unruhe und den häufigen Wechsel der Winde darstellt. Dem Wesen nach liegen bei dem letzteren keine anderweitig nicht schon bekannten Mechanismen zum Grunde, und ich glaube mich daher einer zu Einzelne eingehenden Beschreibung überheben zu können.

Bloſse *Anemographen* oder solche mechanische Vorrichtungen, welche die wechselnden Windrichtungen aufzeichnen, sind so einfach in ihrer Construction, daſs die hierzu erforderlichen mechanischen Vorrichtungen dem Erfindungsgeiste kein weites

1 Edinburgh New Philos. Journ. N. XXXVI. p. 311.

eröffnen, und nach dem hierüber Mitgetheilten kam man
r stets wieder mit unbedeutenden Abänderungen auf die
eren Vorschläge zurück. Aufserdem ist die Selbstregistrirung
Windrichtungen, einzelne besondere Ausnahmen abgerech-
eigentlich nur ein Luxus, denn für die Meteorologie ge-
es, wenn eine gute Windfahne nur ein oder etliche Male
ch beobachtet wird, und geht dann ein Zeiger der beweg-
Stange in das Beobachtungszimmer herab, so verursacht es
e grofse Mühe, in einzelnen Fällen, namentlich bei Stür-
, jenen regelmäfsigen Beobachtungen auch einige nächtliche
uzufügen. Ungleich schwieriger ist die Aufgabe, die Stärke
Windes und die dieser zugehörige Geschwindigkeit der
bewegung zu messen, die für diesen Zweck gemachten
chläge beziehn sich meistens nur auf die Messung an sich,
man würde zufrieden seyn, wenn nur diese, ohne Selbst-
trirung, hinlänglich genau zu erhalten wäre. Wir wollen
r die neuerdings hierfür in Vorschlag gebrachten Einrich-
en etwas näher betrachten.

23) Mit Recht müssen wir hierbei Lind's Windmesser an
Spitze stellen, welcher hierauf durch seine Zweckmäfsigkeit
die geraume Zeit, die seit seiner Erfindung verflossen ist,
gerechtesten Ansprüche hat. Höchst wahrscheinlich, bei-
gewifs, ist Lind nicht der eigentliche Erfinder dieses Ap-
es, sondern Dr. Hales, welcher sich viel damit beschäf-
, die Geschwindigkeit der aus den Düsen der Blasebälge
enden Luft zu messen[1]. In Gemäfsheit dieser Untersu-
gen giebt er an[2], man könne die Geschwindigkeit der aus-
enden Luft messen, wenn man vor die Oeffnung der Düse
leichtes Ventil an biegsamen ledernen Streifen aufhinge,
hes dann nicht selten von der verticalen Richtung in eine
als horizontale gebracht werde. „Es giebt aber," fährt er
„noch ein anderes und zwar genaueres Mittel, die Ge-
windigkeit der Luftströmung zu messen, nämlich wenn
a die Oeffnung eines mit Wasser gefüllten Hebers der Luft-
mung entgegenhält, in welchem Falle dann das Wasser
einen Schenkel herabgedrückt, im andern gehoben werden
d, im Verhältnifs der Kraft, womit das Wasser durch den

---

1 Statical Essays. T. II. p. 326.
2 Description of Ventilators. 1743. p. 12.

„Luftstrom gestofsen wird.“ Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs der von Lind[1] angegebene sogenannte tragbare Windmesser ganz einfach und unmittelbar auf dieses Princip gegründet sey. Derselbe ist nachher sehr häufig beschrieben worden[2], alle spätere Schriftsteller sind hierbei aber, wie bei der Bestimmung des Verhältnisses zwischen dem Unterschiede des Wasserstandes in den beiden Schenkeln des Instrumentes und der diesem zugehörigen Geschwindigkeit des Windes, der Autorität Hutton's[3] gefolgt, dessen Darstellung ich daher gleichfalls hier zum Grunde lege.

Fig. 221. 24) Der *Lind'sche Windmesser*, nach seiner ursprünglichen, stets unverändert beibehaltenen Gestalt, besteht aus zwei einander parallelen Glasröhren AB und CD, die nicht länger als 8 bis 9 Zoll lang, 0,4 Zoll weit und unten durch eine gebogene Glasröhre DB von nur 0,1 Zoll Weite verbunden seyn sollen, um bei heftigen Windstöfsen zu grofse Schwankungen der Wassersäule zu vermeiden[4]. Auf das obere Ende

---

1 Philosoph. Trans. 1775. T. LXV. p. 353.

2 Barlow in Encyclopaedia metropolitana. Pneumatics. p. Robison Mechanical Philosophy. T. III. p. 707. Wollaston construirte hiernach sein Differentialbarometer. S. Art. *Meteorologie*. Bd. V. 1836. Fechner Repertorium. Bd. I. S. 125. G. G. Schmidt Haus-Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826. S. 220 u. a. m.

3 Mathematical Dictionary. Art. *Anemometer*. T. I. p. 116.

4 Da ich diesen Apparat zwar gesehn, aber nie anhaltend beobachtet habe, so getraue ich mir nicht, hierüber ein gründliches Urtheil zu fällen. Der Theorie nach ist die Weite der Röhren, die communicirende zu betrachten sind, willkürlich; da aber die Erfahrung lehrt, dafs die der Geschwindigkeit des Windes zugehörige Kraft eines Stofses mit der Gröfse der Flächen, die er trifft, wächst, so dürfen sie hiernach nicht zu weit seyn, wodurch auch aufserdem das Instrument zu schwerfällig werden würde. Die angegebene Weite von 0,4 engl. Zoll dürfte daher genügen, doch bin ich überzeugt, dafs man sicher auch 6 bis 10 Par. Linien weite Röhren unbedenklich wählen könnte. Die enge Zwischenröhre hindert allerdings die zu heftigen Oscillationen; da aber der Wind, hauptsächlich bei Stürmen, heftige und sehr kurze Zeit dauernde Stöfse ausübt und es nicht unwichtig ist, gerade die diesen zugehörige Geschwindigkeit der Luftströmung kennen zu lernen, so wirkt hierbei die enge Zwischenröhre offenbar hemmend und hindert das Wasser, die der Geschwindigkeit des Windes zugehörige Höhe im andern Schenkel schnell genug zu erreichen. Hiernach würde ich es angemessen finden, die Röhre blofs heberförmig umzubiegen,

Röhre A ist eine rechtwinkelig gebogene metallene Fas-
; aufgesetzt, deren horizontale Oeffnung den lothrecht auf
ıtofsenden Wind auffängt. Die beiden Schenkel sind an
: verticalen eisernen Stange KL mittelst zwei messingner
te e und f so befestigt, dafs der Wind das ganze Instru-
: leicht in diejenige Richtung dreht, vermöge welcher die
ıung ihm entgegensteht. Das flache Instrument bildet hier-
also selbst die Windfahne; besser ist aber, wenn man
ein hierzu dienliches Blech oder nach der oben (§. 2)
ıriebenen Einrichtung zwei in einem geeigneten Winkel
nmenstofsende Bleche anbringt, die dem Windmesser stets
erforderliche Richtung geben. In die Glasröhren wird
ser gegossen, so dafs beide ungefähr zur Hälfte angefüllt
; am geeignetsten wäre es wohl, gerade so viel Was-
ineinzugiefsen, dafs bei völliger Windstille, oder wenn der
d nicht in die Oeffnung blasen kann, was sehr leicht, un-
ındern durch Umdrehung des Instrumentes um 90 Grade
:ht wird, das Niveau in beiden Schenkeln mit dem Null-
te der Scale zusammenfiele. Man übersieht aber bald,
die Höhe des Wassers, wenn sie nur nicht bedeutend
die Hälfte der Röhrenlänge hinausgeht, von keinem we-
ichen Einflusse seyn kann. Das Instrument kann entweder
weglich befestigt werden, oder es wird mittelst der unten
er Spindel befindlichen Schraube in ein Postement einge-
ıbt, und soll nach der Absicht des Erfinders eigentlich
ar seyn. Zwischen den beiden Schenkeln der Röhre be-
t sich eine in Zolle und Linien getheilte Scale, die ihren
punct in der Mitte hat und auf welcher von hier an nach
ın Seiten hin auf- und abwärts gezählt wird, wie bei den
rbarometern. Bläst dann der Wind in die Oeffnung F der
ıng aus dünnem Messingblech, so drückt er das Wasser
inen Schenkel herab, im andern hinauf, und der Unter-
d des Niveaus giebt die Höhe einer Wassersäule, deren

---

ll aber eine gleiche Weite um so mehr beizubehalten, als die Be-
chkeit tropfbarer Flüssigkeiten in Röhren durch Biegungen ohne-
gehemmt wird, und ein Herausschleudern des Wassers aus der
e, wenn diese eine angemessene Höhe von 12 bis 14 Zoll hat,
ıaus nicht wahrscheinlich ist, im Fall des Eintretens aber gar nicht
ıtlich nachtheilig seyn würde.

$$\sqrt{0{,}75} : \sqrt{15{,}6} = 20 : 91{,}2$$

rte Proportionale von 91,2 Fufs in einer Secunde oder l. Meilen Geschwindigkeit in 1 Stunde, welche einem chiede von 3 Zoll des Niveaus in beiden Schenkeln zu-. Da aber diese Unterschiede oder die Wasserhöhen erhalten wie die Gröfsen des Druckes, und diese wie die te der Geschwindigkeiten, so lassen sich beide aus je-rechnen[1]. Hiernach hat Hutton die folgende Tabelle net, der ich die Reduction der englischen Meilen auf ufsmafs hinzugefügt habe, die engl. Meile zu 4956,6 Par. ngenommen.

rhöhe ll	Druck gegen 1 Quadratf. Fläche in Pfunden	Geschwindigkeit in einer Stunde in engl. Meilen	Geschwindigkeit in einer Secunde in Par. Fufs
),25	1,3	18,0	24,78
),50	2,6	25,6	35,25
1	5,2	36,0	49,56
2	10,4	50,8	68,84
3	15,6	62,0	85,36
4	20,8	76,0	104,6
5	26,0	80,4	110,7
6	31,25	88,0	121,1
7	36,5	95,2	131,0
8	41,7	101,6	139,8
9	46,9	108,0	148,7
0	52,1	113,6	156,4
1	57,3	119,2	164,1
2	62,5	124,0	170,7

In der Instruction, welche für die neueste antarktische Expedi-ter John Ross ausgearbeitet worden ist, wird für den Fall, dafs s und Wrewell's später erfundene Windmesser fehlen, die ge-che Windfahne und Lind's Windmesser empfohlen. S. London and rgh philos. Magaz. N. XCV. p. 216. Daselbst ist auch die Rede ngehängten Tabellen, wonach die mit diesem Apparate gemachten chtungen berechnet werden könnten; da ich sie aber an dem an-nen Orte nicht finde und sie mir auch aufserdem leider nicht nt geworden sind, so kann ich kein Urtheil über sie fällen und er auch nicht mittheilen, obgleich dieses interessant und wichtig würde. Sie sind enthalten in Repert. of the Committee of Physics leteorology of the Royal Society, on the objects of scientific In-in those Sciences; drawn up for the antarctic Expedition of

Nach Hutton fand Dr. Lind in einem gegebenen Falle den Druck des Windes = 34,9 Pfund gegen einen Quadratfuß, welches nach leichter Interpolation der Tabelle 93 Meilen in einer Stunde giebt.

26) Man hat vielfach versucht, die Geschwindigkeit des Windes und seines Druckes theoretisch zu finden[1]. Da hierbei die zugehörigen Gröfsen wegen der Veränderlichkeit der Dichtigkeiten der Luft und des Wassers nicht wohl mit absoluter Schärfe bestimmbar sind, so möge hier die folgende einfache Darstellung genügen. Die bewegte Luft wird einen das Wasser in dem einen Schenkel über das Niveau in dem zu der nämlichen Höhe erheben, als welche gegen die ausströmende Luft drückend diese in die zugehörige Geschwindigkeit versetzen würde. Es ist aber nach pneumatischen Gesetzen die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft den Quadratwurzeln aus den Höhen der sie drückenden Wassersäulen und aus dem Verhältnifs ihrer Dichtigkeit gegen Wasser proportional, welches durch die bekannte Formel

$$v = 2\sqrt{\frac{gh}{\delta}}$$

ausgedrückt wird, wenn v ihre Geschwindigkeit in 1 Secunde mittlerer Sonnenzeit, g den Fallraum in dieser Zeit = 15 Par. Fufs und $\frac{1}{\delta}$ das Verhältnifs der Dichtigkeit des Wassers zu der der Luft bezeichnet. Nehmen wir[2], ohne Rücksicht auf die gleiche Wärme und Barometerstand, für $\delta = 0{,}001299$, und setzen wir h = 1 Par. Fufs, so wird

$$v = 2\sqrt{\frac{g}{0{,}001299}} = 214{,}9 \text{ oder nahe } 215.$$

Bei einer Geschwindigkeit von 215 Par. Fufs in 1 Secunde würde also der Wind eine Wassersäule von 12 Par. Zoll heben vermögen und gegen einen Quadratfufs Fläche mit einer Kraft von 73 Pfund köln. drücken. Es verhalten sich also die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen, woraus

$$v : v' = \sqrt{h} : \sqrt{h'} \text{ und } v' = v\sqrt{\frac{h'}{h}}$$

---

1 Vergl. Art. *Wind*, *Geschwindigkeit desselben.*

2 S. Art. *Gewicht*, *specifisches.* Bd. IV. S. 1509.

. Setzen wir zu gröfserer Bequemlichkeit für 1 Par. Fufs für 12 Zoll Wasserhöhe im Anemometer die Geschwin-eit des Windes in der gefundenen runden Zahl = 215 , so wird die der jedesmaligen Wasserhöhe = h′ in Zollen Par. Fufses zugehörige Geschwindigkeit v′ des Windes in Fufsmafs

$$v' = 215 \sqrt{\frac{h'}{12}}.$$

e demnach beispielsweise h′ oder die Wasserhöhe im Ane-eter = 3 Zoll, so ist

Log. 3	= 0,4771213,
Log. 12	= 1,0791812
	1,3979401 − 2
:2	= 0,6989700 − 1
Log. 215	= 2,3324385
Log. v′	= 2,0314085, also v′ = 107,5 Fufs.

t aber 1 Fufs = 12 Zoll Wasserhöhe einen Druck von 73 d köln. gegen 1 Par. Quadratfufs, so geben 3 Zoll $\frac{73}{4}$ 18,25 Pfund. Aus der Gleichung

$$h' = h \frac{v'^2}{v^2}$$

dann ferner, dafs die Höhen, wozu der Wind die Was-ulen hebt, oder die Kräfte, welche er ausübt, den Qua-n seiner Geschwindigkeit proportional sind, ein schon von Hire erkannter, aus den Gesetzen der Mechanik folgender

Wird für v der Werth = 215 Fufs als normal ange-men, wonach $v^2 = 46225$ ist, und setzen wir den Druck n eine Fläche von 1 Par. Quadratfufs = 73 Pfund, so ist Druckhöhe der Luft, auf Wasser reducirt, oder h′ all-in

$$h' = v'^2 \frac{73}{46225} = v^2\, 0{,}001579 \ldots$$

öln. Pfunden. Hiernach ist folgende Tabelle berechnet, die einfache Interpolirung gestattet, wie aus der weiterhin nden ausführlichen Tabelle deutlich hervorgeht.

Höhenunterschied des Wassers im Anemometer	Geschwindigkeit des Windes in Par. Fufs	Druck gegen 1 Quadratfufs Fläche in köln. Pfunden
0,5 Lin.	12,6	0,25 ℔.
1 —	17,8	0,50 —
2 —	25,3	1,01 —
4 —	35,8	2,02 —
6 —	43,8	3,04 —
1 Zoll	62,6	6,08 —
2 —	87,7	12,17 —
3 —	107,5	18,25 —
4 —	124,2	24,34 —
6 —	152,0	36,50 —
8 —	175,5	48,68 —
10 —	196,3	60,83 —
12 —	215,0	73,00 —

Die hier gefundenen, den Wasserhöhen im Anemometer zugeh... Geschwindigkeiten des Windes sind auch dann, wenn man den ... terschied zwischen englischen und französischen Zollen berück... tigt, sämmtlich gröfser, als die von Hutton angegebenen; ... ist bereits oben im Art. *Wind* gezeigt worden, dafs Herr ... Kraft, welche der Wind bei gewissen Geschwindigkeiten ... übt, überall etwas zu grofs gefunden hat, und es wird h... wahrscheinlich, dafs die letzteren Bestimmungen wohl da... tigern seyn könnten. Allerdings ist noch keineswegs ... macht, ob die Kraft des Stofses der Flüssigkeiten den Qu... ten der Geschwindigkeiten genau proportional sey[1], auf ... Fall aber dürfen wir dieses als nahe genau richtig betra... und in diesem Falle dürften die hiernach gefundenen Be... mungen als wohl begründet erscheinen, da sich gegen die ... gen angenommenen Gröfsen keine erheblichen Einwen... machen lassen. Absolute Genauigkeit läfst sich überall ... nicht erwarten, und Baumgartner[2] sagt hierüber sog... würde ein eitles Bemühn seyn, die Geschwindigkeit des W... des berechnen zu wollen; man müsse sie daher durch A... meter messen, habe aber bisher durch solche Instrume... keinen allgemein gültigen Gesetzen gelangen können. D... ungeachtet giebt der Lind'sche Windmesser gewifs seh...

1 Vergl. Art. *Widerstand.*

2 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande ... Supplementband. Wien 1830. S. 322.

e Resultate, und bei der Einfachheit und Bequemlich-
lesselben wäre es wünschenswerth, die Geschwindigkeit
Vindes nach Bouguer's Methode durch leichte fliegende
er empirisch mit möglichster Schärfe zu messen und die
)en dieses Instrumentes mit den erhaltenen Resultaten zu
ichen.

)7) Dem Gebrauche des eben beschriebenen Windmessers
drei Hindernisse entgegen: die ungleiche Temperatur, das
nsten und das Gefrieren des Wassers. Um diesen zu
nen, hat man die Anwendung anderer Flüssigkeiten in
hlag gebracht, namentlich Weingeist und Salzwasser.
geist würde vortreffliche Dienste leisten, weil er nicht
rt und obendrein eine höhere gehobene Flüssigkeitssäule
allein seine Ausdehnung durch Wärme ist noch gröfser,
e des Wassers, und seine Verdunstung nicht blofs stärker,
rn auch in Beziehung auf das Mischungsverhältnifs sehr
ıer, indem je nach dem Feuchtigkeitszustande der Luft
Weingeist oder mehr Wasser verdunstet und obendrein
rofser Feuchtigkeit Wasser aus der Atmosphäre aufgesogen
Dennoch aber möchte ich, da sich ohnehin auf absolute
igkeit nicht rechnen läfst, die Anwendung des gewöhn-
, mit etwas Alcannawurzel gefärbten einfachen Weingei-
Branntweins) empfehlen und in diesem Falle vorschla-
den dem Winde nicht entgegengerichteten Schenkel durch
Deckel zu verschliefsen, in dessen Mitte sich eine in die
herabgehende etwa 3 bis 12 Lin. lange und 1 Lin. weite
Röhre aus dünnem Messingblech befinden müfste, um die
ınstung zu vermindern und dennoch die Beweglichkeit der
gkeitssäule nicht zu stören. Durch diese könnte dann
von Zeit zu Zeit mittelst Zugiefsen von Flüssigkeit der
Verdunstung erzeugte Verlust wieder ersetzt werden.
aber der Weingeist leichter ist als Wasser, so wird eine
esem Verhältnifs höhere Weingeistsäule den angegebenen
ıwindigkeiten und Druckkräften zugehören, wobei es am
msten ist, diese Gröfsen auf einander zu reduciren. Nehmen
las specifische Gewicht des gemeinen Spiritus zu 0,95 an[1],

Vergl. Handbuch der theoretischen Chemie von L. Gmelin. 1829. Th. II. S. 291. Die Flüssigkeit würde zwischen 42 bis 45 Alkohol enthalten. Vergl. Art. *Gewicht*. Bd. IV. S. 1567.

so giebt die Reduction folgende zusammengehörige Größen, oder die Höhe der gehobenen Weingeistcylinder auf die des Wassers reducirt:

Wasser	Weingeist	Wasser	Weingeist	Wasser	Weingeist
1 Lin.	1,052 Lin.	1 Zoll	1,052 Zoll	6 Zoll	6,315 Zoll
2 —	2,105 —	2 —	2,105 —	8 —	8,421 —
4 —	4,210 —	3 —	3,157 —	10 —	10,538 —
6 —	6,315 —	4 —	4,210 —	12 —	12,631 —

28) Man hat als anzuwendende Flüssigkeit auch Salzwasser vorgeschlagen, allein der Anwendung desselben steht die auch durch das angegebene Mittel nicht ganz zu beseitigende Verdunstung entgegen. Hierdurch würde die Soole einen stets höheren Grad der Concentration erhalten und die Messung wegen zu wachsender Concentration unsicher werden. Diesem Uebel könnte allerdings begegnen, wenn man den verdunsteten Antheil stets durch zugegossenes reines Wasser ersetzte, allein nicht gesättigte Soole würde keinen hohen Kältegraden widerstehen, ungesättigter könnte aber leicht, namentlich durch den directen Einfluss der auffallenden Sonnenstrahlen, eine Ausscheidung des Salzes aus der bei den steten Schwankungen an den innern Wandungen anhängenden Flüssigkeit erfolgen. Ob und wie weit dieses der Erfahrung nach wirklich statt findet, ist mir unbekannt; wollte man aber für die Winterbeobachtungen eine leicht zur Hand seyende Flüssigkeit wählen, so müsste es in jeden Fall eine gesättigte Soole seyn, und wenn wir dann das specifische Gewicht derselben in runder Zahl = 1,2 annehmen[1], so würde die Reduction der zugehörigen Flüssigkeitssäulen auf Wasser folgende Werthe geben:

---

1 S. Art. *Gewicht, specifisches.* Bd. IV. S. 1474. Die Soole würde dann ungefähr 26,5 Proc. Salz enthalten, also für gesättigt gelten können. Absolut scharfe Bestimmungen sind wegen der nicht vollkommenen Reinheit der Soolen, auch wenn man sie durch das Auflösen des gewöhnlichen Kochsalzes in reinem Wasser herstellt, unmöglich.

sser	Soole	Wasser	Soole	Wasser	Soole
.in.	0,834 Lin.	1 Zoll	0,834 Zoll	6 Zoll	5,000 Zoll
—	1,667 —	2 —	1,667 —	8 —	6,667 —
—	3,334 —	3 —	2,500 —	10 —	8,334 —
—	5,000 —	4 —	3,334 —	12 —	10,000 —

29) Die angemessenste Flüssigkeit dürfte *verdünnte Schwe-ure* seyn, wenn man gerade eine solche wählte, die bei i mittleren Feuchtigkeitszustande auf jeden Fall nur wenig er verdunstet, bei einem hohen aber keines annimmt, so ihr specifisches Gewicht hierdurch nicht geringer, und Nachfüllen von reinem Wasser bis zur Herstellung der inglich vorhandenen Menge auch bei anhaltender Trockenheit gröfser werden würde. Indem aber nach Gay-Lussac [1] das löl fünfzehnmal sein Gewicht an Wasser als Maximum in feuchter Luft annimmt und dann in genähertem Werthe pecifisches Gewicht = 1,05 hat, so dürfte es am geeig-n seyn, gerade diese Mischung zu wählen und also ver-e Schwefelsäure von 1,05 spec. Gewicht anzuwenden, die ufserdem durch etwas Carmin schön roth oder durch ei-ndern geeigneten Stoff beliebig färben läfst. Die Re-n der Scale auf die des Wassers giebt dann folgende le:

Wasser	Schwefel-säure	Wasser	Schwefel-säure	Wasser	Schwefel-säure
Lin.	0,952 Lin.	1 Zoll	0,952 Zoll	6 Zoll	5,714 Zoll
—	1,904 —	2 —	1,904 —	8 —	7,620 —
—	3,810 —	3 —	2,857 —	10 —	9,524 —
—	5,714 —	4 —	3,810 —	12 —	11,428 —

30) Die Wärme dehnt alle die genannten Flüssigkeiten die bei höherer Temperatur gehobenen Säulen werden verhältnifsmäfsig leichter seyn und demnach einer ge-an Geschwindigkeit des Windes zugehören. Die Gröfse usdehnung wird derjenigen des Wassers nahe gleich seyn, la wir diese letztere sehr genau kennen, so liefse sich forderliche Reduction leicht erhalten, wenn man die bei

---

[1] Handbuch der theoretischen Chemie von L. Gmelin. Frkf. 1827. S. 309.

verschiedenen Temperaturen gemessenen Höhen der Säulen d... den Ausdehnungscoefficienten der Flüssigkeit dividirte. W... man aber berücksichtigt, dafs bei einer Wärme von 30° C. ... für 4° C. sogar 10 Zoll hohe Wassersäule in Folge der A... dehnung nur 10,042 Zoll betragen würde[1], so ersieht man h... aus, dafs der Unterschied unbedeutend ist, und innerhalb ... Grenzen der Genauigkeit liegt, die sich von diesem Appa... nach den bis jetzt möglichen Bestimmungen erwarten l... Die Kleinheit dieses Unterschiedes liegt aber hauptsächlich ... dem Umstande, dafs das Wasser bei 4° C. den Punct ... gröfsten Dichtigkeit hat und daher erst bei 9° C. über ... 0° C. angenommene Einheit des Volumens hinausgeht. ... zwischen ist das Wasser auf jeden Fall eine für diesen Zw... nicht geeignete Flüssigkeit, da es keine Winterbeobachtu... gestattet. Das ganze Instrument ist ferner auch in der Hin... beschränkt, weil es nicht, wie die Windfahnen, auf den ... sten Puncten der Häuser angebracht und demnach, nam... in den Städten, nur unter vielen Beschränkungen der ... Luftströmung ausgesetzt, aufserdem aber nicht wohl ... gistrirend gemacht werden kann. Wählt man aber ... Wassers die verdünnte Schwefelsäure, und findet sich ... liegenden Observatorien oder Terrassen eine seiner Aufst... günstige Localität, so gehört es unter die geeignetsten ... rate zur Aufhellung der meteorologischen Erscheinungen. ... da sich jetzt hoffen läfst, dafs die Meteorologie zahlreiche ... förderer finden werde, so ist es wohl der Mühe werth, ... auf einer immerhin sehr sicheren Basis gegründete Anem... seiner Vollendung möglichst nahe zu bringen, und diese ... Beobachtung desselben so leicht und sicher zu machen, ... Natur der Sache nach geschehn kann. Ein bedeutendes ... zu diesem Zwecke ist ohne Widerrede die angegebene ... der verdünnten Schwefelsäure, welche bei vorsichtigem ... füllen die mit einem engen Röhrchen versehene Fass... hinteren Schenkels nicht angreifen wird, da aufserdem ... Röhrchen auch ohne Schwierigkeit von Glas gemacht ... könnte. Für diese Flüssigkeit ändert sich aber die obe... bene Scale, und es lohnt sich wohl der Mühe, für diese ... gens unverkennbar sehr geeignete eine vollständige Sca...

1 Vergl. Art. *Wärme*. Bd. X. S. 914.

ihterung der Beobachtungen zu berechnen. Am einfach-
gelangt man hierzu, wenn man annimmt, dafs die Ge-
ndigkeiten des Windes sich wie die Quadratwurzeln der
ischen Gewichte der gehobenen Flüssigkeitssäulen, die
ngen der letzteren aber gegen eine gegebene Fläche wie
ecifischen Gewichte verhalten. Nehmen wir das specifi-
Gewicht der verdünnten Schwefelsäure = 1,05 an, was
sicherer geschehn kann, da eben eine solche Säure bei
erfertigung des Instrumentes genommen werden soll, so
die oben gefundene Geschwindigkeit des Windes, welche
r. Zoll oder 1 Par. Fufs Wasser zu heben vermag, für
Flüssigkeit = 220 Fufs, und die oben (§. 26) gegebene
l verwandelt sich in:

$$v' = 220 \sqrt{\frac{h'}{12}},$$

h' in Fufsmafs genommen wird, der Druck gegen einen
tfufs Fläche aber wird statt 73 Pfund vielmehr 76,55
, wonach die folgende Tafel berechnet ist, die für die
enliegenden Gröfsen eine einfache Interpolation zuläfst.

der ig- äule	Ge- schwin- digkeit d. Windes	Druck gegen 1 Qua- dratfufs	Höhe der Flüssig- keitssäule	Ge- schwin- digkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadrat- fufs
	18,35 Fufs	0,53 ℔.	1 Zoll 7 Lin.	80,00 Fufs	10,10 ℔.
	25,95 —	1,06 —	1 — 8 —	82,07 —	10,63 —
	31,78 —	1,59 —	1 — 9 —	84,10 —	11,16 —
	37,56 —	2,13 —	1 — 10 —	86,11 —	11,69 —
	41,04 —	2,66 —	1 — 11 —	88,01 —	12,23 —
	44,95 —	3,19 —	2 Zoll 0 Lin.	89,90 —	12,76 —
	48,55 —	3,72 —	2 — 1 —	91,75 —	13,29 —
	52,51 —	4,25 —	2 — 2 —	93,57 —	13,82 —
	55,05 —	4,78 —	2 — 3 —	95,36 —	14,35 —
	58,17 —	5,32 —	2 — 4 —	97,11 —	14,88 —
	60,86 —	5,85 —	2 — 5 —	98,83 —	15,42 —
)Lin.	63,57 —	6,38 —	2 — 6 —	100,5 —	15,95 —
—	66,17 —	6,91 —	2 — 7 —	102,1 —	16,48 —
—	68,66 —	7,44 —	2 — 8 —	103,8 —	17,10 —
—	71,07 —	7,97 —	2 — 9 —	105,4 —	17,54 —
—	73,40 —	8,50 —	2 — 10 —	107,0 —	18,07 —
—	75,66 —	9,04 —	2 — 11 —	108,5 —	18,60 —
—	77,86 —	9,57 —	3 Zoll 0 Lin.	110,1 —	19,14 —

Höhe der Flüssigkeitssäule	Geschwindigkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadratfuſs	Höhe der Flüssigkeitssäule	Geschwindigkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadratfuſs
3 Zoll 2 Lin.	113,1 F.	20,20 ℔.	6 Zoll 4 Lin.	160,0 F.	40,40 ℔.
3 — 4 —	115,9 —	21,26 —	6 — 8 —	164,1 —	42,53 —
3 — 6 —	118,9 —	22,33 —	7 Zoll 0 Lin.	168,2 —	44,65 —
3 — 8 —	121,7 —	23,39 —	7 — 4 —	172,1 —	46,78 —
3 — 10 —	124,4 —	24,45 —	7 — 8 —	176,0 —	48,90 —
4 Zoll 0 Lin.	127,1 —	25,52 —	8 Zoll 0 Lin.	179,8 —	51,03 —
4 — 2 —	129,8 —	26,58 —	8 — 4 —	183,5 —	53,16 —
4 — 4 —	132,3 —	27,64 —	8 — 8 —	187,2 —	55,28 —
4 — 6 —	134,8 —	28,71 —	9 Zoll 0 Lin.	190,7 —	57,41 —
4 — 8 —	137,3 —	29,77 —	9 — 4 —	194,2 —	59,54 —
4 — 10 —	139,7 —	30,83 —	9 — 8 —	197,6 —	61,66 —
5 Zoll 0 Lin.	142,1 —	31,89 —	10 Zoll 0 Lin.	201,0 —	63,79 —
5 — 2 —	144,5 —	32,96 —	10 — 4 —	204,3 —	65,92 —
5 — 4 —	146,8 —	34,02 —	10 — 8 —	207,6 —	68,04 —
5 — 6 —	149,1 —	35,08 —	11 Zoll 0 Lin.	210,8 —	70,17 —
5 — 8 —	151,3 —	36,15 —	11 — 4 —	214,0 —	72,29 —
5 — 10 —	153,5 —	37,21 —	11 — 8 —	217,1 —	74,42 —
6 Zoll 0 Lin.	155,7 —	38,27 —			

31) Soll hierbei auch die Ausdehnung der verd[ünnten] Schwefelsäure durch Wärme berücksichtigt werden, s[o] sich hierüber Folgendes mindestens annähernd bestimmen. der Formel liegt die Annahme zum Grunde, dafs das W[asser] seine gröfste Dichtigkeit, die verdünnte Schwefelsäure aber Temperatur von 0° C. habe. Die durch den Windstofs [ge]bene Flüssigkeitssäule mufs daher bei höherer Temperatur so viel vermindert, bei niedrigerer um so viel vermehrt w[er]den als ihre Ausdehnung oder Zusammenziehung durch Wärme trägt, wenn man die ihr zugehörige Geschwindigkeit des W[in]des und dessen Druck gegen einen Quadratfuſs Fläche in Tabelle aufsuchen will. Die Ausdehnung der hier angenom[me]nen verdünnten Schwefelsäure ist nicht durch genaue Messung ermittelt worden, es läfst sich aber mit Gewifsheit annehmen, dafs sie geringer, als die des Wassers sey, da letzteres durch Zusatz von Salzen und Säuren an Ausdehnbarkeit verliert[1]. genommen sie komme der des Seewassers von 1,027 spec[ifi]schem Gewichte gleich, was gewifs nicht zu viel ist, a[ls]

1 Vergl. Art. *Wärme*. §. 487. S. 918.

ifische Gewicht der verdünnten Säure 1,05 seyn soll, so üge ihr Volumen bei 24° C. nicht mehr als 1,004982, und Säule von 12 Zoll Höhe würde nur 12,048984 Zoll, in nicht ganz eine halbe Decimallinie, wir können an- men eine halbe Duodecimallinie betragen. Da aber die igsten Stürme schwerlich eine solche Stärke erreichen, dafs die Flüssigkeit bis zu 12 Zoll Höhe zu erheben vermögen en, ihre Wärme aber, mit Ausnahme der Sandstürme und Föhns, schwerlich bis 24° C. steigen dürfte, in diesem e aber aufserdem die Ausdehnung des Glases vermindernd irken würde, so ergiebt sich klar, dafs eine hieraus ent- mene Correction bei diesem ohnehin nicht absolut genauen arate füglich entbehrt werden kann.

32) Der so eben ausführlich beschriebene Windmesser ver- t auch aus dem Grunde besondere Aufmerksamkeit, weil Fläche, auf welche der Luftstrom drückt, nur klein ist, in diejenige Unsicherheit umgangen wird, die aus der se der Flächen entspringt[1]. Inzwischen hat man meistens e Scheiben von ungefähr einem Quadratfufs Inhalt zur ung der Windstärke anzuwenden versucht, wie genügend len noch weiter zu beschreibenden Apparaten hervorgeht; LOT[2] weicht aber hiervon ab, und bringt eine hohle Kugel orschlag, die an einer Stange beweglich aufgehangen durch Windstofs gehoben werden, und deren Elevationswinkel, nem Quadranten mit Kreistheilung gemessen, die Stärke die dieser zugehörige Geschwindigkeit des Windes ange- soll. Dieses beruht auf dem Umstande, dafs die Richtung Windes so ausnehmend wechselt und namentlich bei Stür- kaum einen Augenblick unverändert bleibt, weswegen es glich wird, die gestofsene Fläche andauernd ihr genau loth- entgegenzuhalten. Dieses Hindernifs fällt aber bei der l nicht weg, indem die Richtung des Windes diese genau r Ebene des messenden Quadranten treffen mufs, weil wie eine ebene Fläche, auch bei dem heftigsten Stur- hen müfste, wenn der Wind normal auf jene Ebene ge- t wäre. Dazu kommt dann noch der Umstand, dafs die lt, welche der Luftstofs gegen die Halbkugelfläche aus-

---

[1] Vergl. Artt. *Widerstand* und *Wind*.

[2] Voigt's Magazin. Th. I. St. 2. S. 153.

übt, in sehr genähertem Werthe nur die Hälfte derjenigen beträgt, welche die Durchschnittsfläche durch ihr Centrum erleidet, wodurch also ein solcher Apparat auf die Hälfte der erreichbaren Genauigkeit herabsinkt. Die von Parrot angegebenen Mittel, wodurch man für eine Kugel von gegebener Oberfläche und gegebenem Gewichte die den Graden ihrer Elevation zugehörigen Geschwindigkeiten des Windes finden soll, sind sehr zusammengesetzt, und da man sie deswegen schwerlich in Anwendung bringen dürfte, so überhebe ich mich einer Beschreibung derselben.

33) Beaufoy[1], welcher sich durch die zahlreichsten Versuche und ein lange anhaltendes Studium mit den Gesetzen des Stofses und Widerstandes der Flüssigkeiten vorzüglich vertraut gemacht hatte, kehrte wieder zu der von Bouguer angegebenen Einrichtung zurück, was sehr zu deren Gunsten entscheidet; zugleich aber gab er diesem Instrumente wohl die vollendetste Gestalt, deren dasselbe fähig ist und die sich mit Hülfe einer ungefähren Zeichnung der Haupttheile sehr leicht begreifen läfst[2]. Eine dünne hölzerne Tafel AA ist an einer Fig. 222. vierkantigen horizontalen Stange BB befestigt, und wird durch die an der verticalen runden Stange X oben angebrachte gro Windfahne dem herrschenden Winde stets perpendicular gegen gerichtet. Die Stange BB ist hinlänglich lang, um mit ihrem vorderem Theile auf der unteren Frictionsrolle ruhend dem Windbrete vollkommen das Gleichgewicht zu halten. Sie bewegt sich nämlich an zwei Stellen zwischen Frictionsrollen, deren 4 in dem Kasten D, wovon eine bei c sichtbar ist, die anderen 4 in dem Gehäuse Z befindlich sind. Bei der Gröfse und der vollendeten Ausführung derselben darf man annehmen, dafs die Reibung der Stange dadurch auf ein unbedeutendes Minimum herabgebracht wird. An der Stange ist eine Hülse befestigt, wie diejenigen, welche sich in den Taschenuhren finden, deren Fortsetzung um einen Cylinder gewunden, welcher zugleich mit einer Schnecke, wie die der Uhren,

1 Annals of Philosophy. New Ser. T. II. p. 431. Tabellen Berechnung der Stärke des Windes giebt derselbe ebend. Tl. 10. Sie beziehn sich aber nur auf die Dimensionen des von ihm brauchten Anemometers.

2 Die schöne, der Beschreibung beigefügte Kupfertafel giebt einzelne Theile sehr deutlich.

ist und dessen durch das Zifferblatt g g hervorstehendes
: einen Zeiger trägt. Eine um die Schnecke gewundene
seidene Schnur trägt an ihrem anderen Ende das herab-
ende Gewicht P, welches um so stärker auf die gemein-
tliche Axe des Cylinders und der Schnecke wirkt, woran
der Zeiger befestigt ist, je weiter die Windungen der
ecke sind und je länger also der Hebelarm ist, den es umzu-
: das Bestreben hat. Je tiefer daher die Stange B B durch
stofs des Windes gegen die Platte A A hineingedrückt wird,
mehr zieht die Kette an dem umwundenen Cylinder und
diesen, zugleich aber die Schnecke, um ihre gemein-
tliche Axe, die Schnur windet sich um zunehmend wei-
Spiralen der Schnecke und strebt dem wachsenden Drucke
Vindes entgegen, wodurch sich die Kraft desselben mes-
äfst. Jede einzelne Umdrehung der Schnecke wird durch
Zeiger des Zifferblattes g g in Hundertsteln angegeben, hin-
:m Zifferblatte hat aber die Axe dieses Zeigers noch ein
:be, welches in ein gezahntes Rad eingreift, auf dessen
der Zeiger des kleinen Zifferblattes h h festsitzt, um auf
Weise die einzelnen Umdrehungen des ersten Zeigers zu
n. Wenn demnach die Zeiger, die wie gewöhnlich auf-
:kt sind, auf 0 gestellt werden, der Faden des Gewichtes
r durch die Axe des Cylinders und der Schnecke herab-
, mithin auf deren Umdrehung keine Gewalt ausübt, und
tange B B so weit vorgeschoben wird, dafs die an ihr
igte Kette nicht gestrafft ist, so befindet sich der Appa-
Ruhe. Sobald dann aber der Wind die Scheibe A A
kdrückt, strebt die Kette ihren Cylinder und die Schnecke
drehn, der sich um die Schnecke windende Faden mit
Gewichte P strebt diesem entgegen, bis das Gleichgewicht
stellt ist, und die Zeiger messen die diesem zugehörige
lt. Um das Maximum der letzteren zu wissen, ist ein
kegel angebracht, welcher in den gezahnten äufsersten
der Schnecke eingreift und diese in der erreichten Lage
:llt. Wie dieser Windmesser auf einem hinlänglich fe-
Gestelle leicht in horizontaler Ebene drehbar befestigt
:n könne, um entweder nach der Absicht des Erfinders
r oder feststehend zu seyn, ist in der Zeichnung blofs
eutet und kann von jedem mit mechanischen Kenntnissen
:uten leicht supplirt werden.

34) Wollte man die dem jedesmaligen Stande der Lage zugehörigen Geschwindigkeiten des Windes bestimmen, so könnten diese aus der Gröfse der dem Windstofse entgegenstehenden Fläche, dem Gewichte P und der Länge der Radien sowohl des Cylinders, um welchen die Kette gewunden ist, als auch der Schnecke, durch Rechnung gefunden werden, da die Stärke des Druckes bekannt ist, welchen der Wind gegen eine gegebene Fläche bei verschiedenen Geschwindigkeiten ausübt; leichter und sicherer dürfte es aber seyn, das bereits von Bouguer angegebene Verfahren in Anwendung zu bringen, also das Anemometer vertical zu stellen, mit verschiedenen Gewichten, unter Berücksichtigung des Gewichtes der Stange und der Scheibe, zu belasten und die zugehörigen Stände der Zeiger hiernach zu bezeichnen. Auf diese Weise würde es leicht seyn, Tabellen zu erhalten, wonach sich fortdauernd die dem jedesmaligen Stande der Zeiger zugehörigen Geschwindigkeiten der Winde bestimmen liefsen.

35) Es mögen hier noch einige Vorschläge zu Windmessern blofs erwähnt werden, bei denen es einer ins Einzelne gehenden Beschreibung nicht bedarf. Martin[1] hat einen solchen angegeben, wodurch gleichfalls die Geschwindigkeit des Windes aus der Stärke seines Druckes gegen eine gegebene Fläche gefunden wird. Nach Hugh Hamel[2] zu Dublin soll man die Stärke des Windes mittelst eines Balkens (*bar*) messen, welcher durch denselben aus seiner verticalen Richtung getrieben wird. Die Beschreibung ist nicht hinlänglich deutlich, und dieses um so weniger, da keine Zeichnung zu ihrer Erläuterung hinzugefügt ist. Sehr sinnreich construirt ist das Anemometer, welches Hubba[3] vorgeschlagen und genau beschrieben hat; jedoch ist das Ganze zu complicirt und der erforderliche Schutz gegen die nachtheiligen Einflüsse der Witterung nicht genügend berücksichtigt.

36) Die zuletzt beschriebenen Windmesser sind Verbesserungen, zum Theil blofse Abänderungen, des zuerst durch

1 In Philos. Brit. T. II. p. 211. Vergl. Rees Cyclopaedia. Art. *Wind-Gage.*

2 Philosophical Magazine and Annals. T. XI. N. 62. p. 100.

3 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. 1821. T. I. p. 103.

ıuer angegebenen, die noch ältere Erfindung (§. 5) blieb
en neuesten Zeiten fast unbeachtet, mit Ausnahme des von
EL ausgegangenen Vorschlags. Inzwischen wurde auch
r neuerdings eine Bearbeitung zu Theil, welche in hohem
e die Aufmerksamkeit der Meteorologen verdient. G. G.
IDT[1] macht den nach Wolf's Angabe construirten Wind-
ern den Vorwurf, dafs sie nur die mittlere Geschwindigkeit
Windes während einer gegebenen Zeit, nicht aber die ab-
zunehmende Stärke der einzelnen Windstöfse angeben, und
nach Bouguer's Vorschlage eingerichteten stellt er entge-
dafs sie blofs das Maximum der Stärke, nicht aber die
ankungen derselben zeigen. Der letztere Vorwurf fällt
s weg, wenn man die Absperrung wegläfst, in welchem
namentlich nach Regnier's und Beaufoy's Einrichtungen
Zeiger in steter Bewegung seyn und die in jedem Augen-
e statt findende Stärke des Windstofses anzeigen würden,
bsperrung aber für die temporäre Abwesenheit des Beob-
rs vorbehalten bliebe.

Der von Schmidt vorgeschlagene Windmesser besteht aus Fig. 223 u. 224.
quadratischen Scheibe AB von starkem Holze und hin-
ichem Gewichte, um dem Stofse des Windes zu wider-
. Auf diesem ist der metallene Rahmen CCCC lothrecht
richtet, in welchem sich ein zweiter Rahmen von dünnen
llstäben eeee mit seiner Axe ggff leicht dreht, an deren
m Ende die Windfahne befestigt ist, die die Fläche die-
Rahmens der Richtung des Windes stets lothrecht entge-
tellt. Am untern Ende der Axe ist ein Zeiger befestigt,
her sich über der um ihre Axe drehbaren Windrose hh
gt, um den Apparat stets so zu richten, dafs der Wind
n die Fläche des Rahmens CCCC bläst, ohne durch die
icalen Stäbe gehindert zu werden. Die Windrose wird
mittelst einer Magnetnadel orientirt. Quer durch den be-
lichen Rahmen eeee geht eine feine stählerne Axe qr,
welcher das bewegliche Pendel dbaa festsitzt. Der untere
il dieser Pendelstange ba ist keilförmig zugeschärft, der
e Theil bd dagegen ist etwas breiter, so dafs der Stofs
Windes gegen beide sehr nahe gleich und der Ein-

1 Poggendorff's Ann. XIV. 59.

flufs dieser Stange daher beseitigt wird[1]. Die Scheibe m aus dünnem Messingblech ist dazu bestimmt, die Stärke des Windstofses zu messen; ihr Durchmesser betrug 0,15 Meter, die Länge der Pendelstange b m 0,3 Meter. Der Winkel, zu welchem der Wind die Scheibe m hob, wurde mittels des Armes b d an einem Gradbogen c c gemessen, welcher am oberen Theile f des Rahmens e e e e, auf dessen Fläche lothrecht, befestigt war. Auf dem Gradbogen befand sich zugleich ein leicht beweglicher, sogenannter *fliegender Index* i, welcher durch die Spitze des Hebelarmes fortgeschoben in der gröfsten erreichten Entfernung stehn blieb; doch mufs man sich dieses Mittels nur bedienen, um plötzliche und heftige Winde zu messen, da die gewöhnlichen geringeren Oscillationen leichter und besser am Kreisbogen unmittelbar abgelesen werden. Am unteren Theile der Pendelstange befindet sich ein verschiebbares Bleigewicht p, 2 Loth schwer, von der Gestalt einer flachen Linse, welches dazu dient, den veränderlichen Schwerpunct des Pendels zu reguliren und dadurch das Pendel für schwächere und stärkere Winde mehr und weniger empfindlich zu machen. Das Gewicht hat meistens die Lage, dafs der gemeinschaftliche Schwerpunct zwischen b und m liegt, und somit das Gesammtgewicht des Pendels = 5,104 Loth, welches auf den Mittelpunct der Stofsfläche reducirt mit 2,552 Loth in Rechnung kommt.

37) Für die Theorie dieses Windmessers giebt G. G. Schmidt Folgendes an. Setzt man das auf den Mittelpunct der Stofsfläche m reducirte Gewicht des Pendels = p, den senkrechten Stofs des Windes gegen die Scheibe a a = s, den Ablenkungswinkel des Pendels, bei welchem es mit dem Winde im Gleichgewicht kommt, = φ, und wird angenommen, dafs der schiefe Stofs gegen die Fläche dem Quadrate des Cosinus dieses Winkels proportional sey, wie dieses aus der Zerlegung der Kräfte hervorgeht, so erhält man

$$p \operatorname{Sin.} \varphi = s \operatorname{Cos.}^2 \varphi \text{ also } s = \frac{p \operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 \varphi},$$

woraus folgt, dafs s unendlich grofs für $\varphi = 90°$ seyn wird.

---

1 Es liegt sehr nahe, dafs dieser Einfluss vorher, ehe man die Scheibe m anbringt, empirisch corrigirt werden könne.

e Betrachtung bewog Schmidt, dem Windstofse eine
e Fläche und keine Kugel entgegen zu richten, für welche,
ets gleicher Stofsfläche, die Gleichung einfach $s = p \operatorname{Tang.} \varphi$
würde; denn in diesem Falle könnte eine einzige Kugel
lie ungleich starken Winde nicht genügen, da den ange-
en Beobachtungen gemäfs das Pendel, sobald es über 60°
ation hinausging, nur einer geringen Zunahme der Ge-
indigkeit des Windes bedurfte, um 90° nicht blofs zu er-
en, sondern auch darüber hinauszugehn[1].

38) Schmidt gesteht, dafs ihm keine sonstigen so voll-
ligen Versuche über den schiefen Stofs und Widerstand der
bekannt seyen, als die, welche Bossut im zweiten Theile
r Hydrodynamik über den Widerstand des Wassers beim

Es wird nicht überflüssig seyn, gröfserer Deutlichkeit wegen
ei Folgendes zu bemerken. Dafs s für $\varphi = 90°$ unendlich wird,
wohl nicht für die Wahl einer ebenen Fläche statt einer Kugel
leiden, denn auch bei letzterer wird $s = p \operatorname{Tang.} \varphi$ für $\varphi = 90°$
llich. Allein eine flache Scheibe ist aus andern Gründen einer
l vorzuziehn; denn aus den im Art. *Widerstand* mitgetheilten Un-
hungen geht zwar hervor, dafs der Widerstand einer Kugel die
e desjenigen beträgt, welchen eine Fläche von der Gröfse ihres
ten Kreises ausübt, indefs ist diese Bestimmung doch immerhin
absolut sicher, und es würde dadurch in die Berechnung ein
, nicht vollkommen fest begründetes Element ohne genügende Ur-
eingeführt.

Richtiger noch ist die Frage, wie es zugehe, dafs die Erfahrung
einen unendlichen Werth gebe, welcher doch unmöglich ist. Hier-
ifst sich erwidern, dafs die gleichmäfsig strömende Luft auch bei
möglicher Geschwindigkeit niemals einen Elevationswinkel von
rzeugen wird, aber ein plötzlicher Stofs gegen das ruhende oder
rholte Stöfse gegen das bereits etwas gehobene Pendel vermögen
lbe leicht bis 90° oder darüber hinaus zu treiben, ja es wäre nicht
glich, selbst nicht einmal sehr schwierig, dasselbe in einem gan-
Kreise herumzuschleudern. Hierbei wirkt aber nicht eine an-
nde mechanische Gewalt auf das Pendel, sondern der plötzliche
ertheilt ihm eine Geschwindigkeit, vermöge welcher es weit über
nige Höhe hinausfliegt, ja selbst bei augenblicklich aufhörendem
e hinausfliegen würde, die es den wirkenden mechanischen Kräf-
gemäfs erreichen kann. Diesemnach dürfte es noch zweifelhaft
ob die Folgerung, welche Schmidt hieraus entnimmt, dafs der
le Stofs der Luft in einem geringeren Verhältnisse, als dem qua-
chen des Sinus des Einfallswinkels abnehme, für richtig gelten
s.

schiefen Stofse gegeben hat, und er legt daher die dort angeführten Erfahrungswerthe bei der Berechnung von

$$s = \frac{p \operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 \varphi}$$

zum Grunde, die nur von 6° zu 6° gegeben sind, wobei aber die zwischenliegenden Grade durch Interpolation leicht gefunden werden. Hierzu glaubt er sich um so mehr berechtigt, da aus seinen eigenen Versuchen[1] hervorgeht, dafs die Bewegungsgesetze elastischer Flüssigkeiten, insofern sie von Druck und Schwere abhängen, denen der tropfbaren ganz analog sind. Hiernach läfst sich also der einem gewissen Neigungswinkel zugehörige Stofs des Windes leicht auf den geraden reduciren, wie dieses in der nachfolgenden Tabelle geschehen ist. Um aus dem senkrechten Stofse die zugehörige Geschwindigkeit des Windes zu finden, geht Schmidt von folgenden Gleichungen aus:

$$h = \frac{v^2}{4g} \text{ und } s = m.h a^2 p,$$

worin v die Geschwindigkeit, h die zugehörige Druckhöhe, a^2 die Stofsfläche, p das specifische Gewicht der Luft, g den Fallraum für 1 Secunde, m aber einen durch Erfahrung zu bestimmenden Coefficienten bezeichnen. Weil aber die verschiedenen Erfahrungen den Werth von m zwischen 1,5 bis 2 veränderlich angeben, so schien es ihm am besten, die Bestimmung desselben aus Versuchen mit dem Anemometer selbst zu entnehmen. Es wurde daher, weil blofs kleine Geschwindigkeiten gemessen werden konnten, ein Pendel von gleichen Dimensionen, aber geringerem Gewichte eingesetzt, in welches letzteres, auf den Mittelpunct des Stofses reducirt, nur 0,3 Loth betrug. Ein Gehülfe trug dann mit ungleicher Geschwindigkeit durch einen abgemessenen Raum von 12,7 Meter fortschreitend das Anemometer vor sich her und beobachtete den Ausschlagswinkel, während ein anderer die hierzu gehörige Zeit mafs. Nach dem beobachteten Ausschlagswinkel konnte auf die angegebene Weise die Gröfse s berechnet werden. Aus der gemessenen Geschwindigkeit wurde $h = \frac{v^2}{4g}$ und hieraus

1 G. LXVI. 39. Vergl. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 623.

: ga^2p gefunden. Die auf diese Weise erhaltenen Werthe
:n stets kleiner aus, als die auf die erste Art berechneten,
:m das Verhältnifs zwischen 1,7 und 2,2 variirte, ja es
:en, als ob der Exponent des Verhältnisses mit zunehmen-
Geschwindigkeit wachse; doch liefs sich hierauf wenig
rth legen, weil die Geschwindigkeiten nicht über 6 Fufs in
Secunde gebracht werden konnten[1]. Inzwischen scheint
loch, als liefse sich der Coefficient $m = 2$ mit ziemlicher
:erheit annehmen. Um aus der beobachteten Stärke des
:dstofses dann auf die Geschwindigkeit desselben zu schlie-
, wird die Formel $v = \sqrt{\frac{2gs}{a^2p}}$ angewandt und für s wer-
die bereits angegebenen Werthe zum Grunde gelegt. End-
bezeichnet p das specifische Gewicht der Luft bei 28 Zoll
:meterhöhe und 15° R. (18°,75 C.) Temperatur[2]. Dieses
igt, um zu verstehn, auf welche Weise die in der nachfol-
len Tabelle enthaltenen Werthe gefunden sind.

---

1 Schmidt war ein zu guter Physiker, als dafs ihm die Mangelhaftigkeit dieser Versuche entgehn konnte, weswegen er auch neue genauere anzustellen beabsichtigte. Dennoch aber dürfte er die hier benen noch überschätzt haben, denn die Fehlergrenze ist so grofs, sie genau genommen gar keinen Werth haben. Es ist ganz unlich, dafs der Experimentator bei so raschem Fortschreiten das bret stets genau horizontal halten sollte; aufserdem aber sind wankungen desselben, welche dann auch Pendelschwingungen ohne Einfluss des Windes erzeugen müssen, ganz unvermeidlich. Einr und sicherer wäre es gewesen, Seifenblasen, Flaumfedern oder e Luftballons durch den Wind über gemessene Abstände fortben zu lassen und die hierzu erforderliche Zeit mit einer Tertienuhr essen.

2 Die hierdurch erhaltene Gröfse ist nicht näher angegeben.

Winkel	Stofs	Geschwindigkeit	Winkel	Stofs	Geschwindigkeit
1 Grad	0,0449 Loth	21,84 Zoll	46 Grad	3,253 Loth	185,88 [illegible]
2	0,0899	28,59	47	3,372	189,36
3	0,1339	35,34	48	3,419	192,84
4	0,1798	42,09	49	3,626	196,32
5	0,2248	48,84	50	3,716	199,80
6	0,2697	52,91	51	3,896	203,16
7	0,3150	56,98	52	4,031	206,52
8	0,3603	61,05	53	4,116	209,88
9	0,4056	65,12	54	4,301	213,24
10	0,4509	69,20	55	4,421	216,60
11	0,4961	72,55	56	4,540	219,44
12	0,5414	75,90	57	4,660	222,28
13	0,5929	79,25	58	4,779	225,12
14	0,6444	82,60	59	4,896	227,96
15	0,6959	85,95	60	5,018	230,80
16	0,7474	89,12	61	5,098	232,62
17	0,7989	92,29	62	5,187	234,44
18	0,8504	95,46	63	5,258	236,26
19	0,9135	98,63	64	5,338	238,08
20	0,9766	101,80	65	5,418	239,90
21	1,0937	104,78	66	5,498	241,72
22	1,1082	107,76	67	5,559	242,66
23	1,1659	110,74	68	5,621	244,04
24	1,2290	113,72	69	5,682	245,42
25	1,2830	116,70	70	5,737	246,80
26	1,3376	119,68	71	5,999	247,92
27	1,3919	123,02	72	5,860	249,04
28	1,4462	126,18	73	5,907	250,16
29	1,6007	129,34	74	5,955	251,28
30	1,6550	132,50	75	6,002	252,40
31	1,7401	135,72	76	6,049	253,28
32	1,8252	138,94	77	6,097	254,16
33	1,9103	142,16	78	6,144	255,04
34	1,9954	145,38	79	6,179	255,92
35	2,0805	148,60	80	6,214	256,80
36	2,1660	151,94	81	6,249	257,46
37	2,2680	155,28	82	6,284	258,12
38	2,3700	158,62	83	6,318	258,78
39	2,4720	161,96	84	6,354	259,44
40	2,5740	165,30	85	6,372	260,10
41	2,6760	168,72	86	6,390	260,46
42	2,7780	172,14	87	6,408	260,82
43	2,8970	175,56	88	6,425	261,18
44	3,0160	178,98	89	6,442	261,54
45	3,1350	182,40	90	6,460	261,90

39) Bekanntlich ist die Richtung des Windes nicht stets ge- horizontal und aus seiner Neigung gegen den Horizont mufs nothwendig ein Einflufs auf die Stärke seines Stofses n eine verticale Fläche erwachsen. Um diese Neigung zu en, kann die oben (§. 4) von Benzenberg vorgeschlagene ichtung dienen, zweckmäfsiger ist aber die von Schmidt t angegebene. Sie besteht, wie durch die punctirten Li- angedeutet ist, aus einer horizontalen Windfahne β, deren Fig. 223. ie auf die der eigentlichen Fahne lothrecht gerichtet ist. lieser, die sich in ihrem Schwerpuncte bei γ leicht in ver- er Ebene bewegt, befindet sich ein, des Gleichgewichts m, mit dem Gewichte a beschwerter Zeiger, welcher auf Gradbogen g g die Neigung der Fahne gegen den Hori- und somit die Neigung der Windrichtung angiebt. Um Einflufs dieser Neigung auf den Stofs gegen die vertical ende Scheibe zu ermitteln, dient folgende Betrachtung. st der Neigungswinkel der Windrichtung gegen die hori- ale Ebene α, so wird der Anstofswinkel des Windes bei n Ausschlagswinkel des Pendels $= \varphi$ hiernach $90° - \varphi + \alpha$ $90° - \varphi - \alpha$, und die gegebene Gleichung $s = \frac{p \operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 \varphi}$ andelt sich hiernach in

$$s' = \frac{p \operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 (\varphi - \alpha)} \text{ oder } s' = \frac{p \operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 (\varphi + \alpha)}.$$

d hierin $\alpha = 12°$ genommen, so erhält man nach den uchen von Bossut die in den beiden folgenden Tafeln be- neten Werthe.

Für 12° aufsteigenden Wind.			Für 12° niedersteigenden Wind.		
Win- kel φ	Stofs	Geschwin- digkeit	Win- kel φ	Stofs	Geschwin- digkeit
2Grad	0,524Loth	74,5 Zoll	12Grad	0,621Loth	81,5 Zoll
4	1,007	103,2	24	1,481	127,0
6	1,756	136,6	36	2,728	170,0
8	2,707	169,3	48	4,255	211,0
0	4,020	205,8	60	5,274	237,0
2	5,447	240,0	72	5,997	252,0
4	6,057	253,5	78	6,320	258,8

Vergleicht man die hier erhaltenen Werthe mit den in der igen Tabelle angegebenen, so ergiebt sich, dafs da, wo die

Abweichungen beider von einander am gröfsten sind, nämlich bei φ = 36° bis 60°, die zu gleichen Winkeln des Pendels gehörigen Geschwindigkeiten bei einem um 12 Grad aufsteigenden Winde um 0,1 kleiner, bei einem um ebenso viel niedersteigenden aber um 0,1 gröfser sind, als bei einem in horizontaler Richtung wehenden. Kleinere Abweichungen können daher füglich vernachlässigt werden, und da die angenommene von 12 Grad nicht leicht statt finden dürfte, so ist es unnöthig hierauf besondere Rücksicht zu nehmen.

40) Die Versuche, welche Schmidt anstellte, um die Tauglichkeit des angegebenen Windmessers zu prüfen, und nach seinem eigenen Urtheile nicht genügend; ob noch spätere die er anzustellen und bekannt zu machen beabsichtigte, vorhanden sind, ist mir unbekannt. Es scheint mir indefs allerdings der Mühe werth, bei dem Aufschwunge, welchen die Meteorologie gegenwärtig genommen hat, dieses Anemometer und das von Beaufoy angegebene einer weiteren Prüfung, namentlich auch durch Versuche, zu unterwerfen, um dadurch durch Anwendung derselben eine bis jetzt bestehende wesentliche Lücke der Meteorologie auszufüllen.

41) Man ist in neueren Zeiten auch darauf bedacht gewesen, die durch Wolf vorgeschlagenen Anemometer brauchbarer und für genaue Messungen geeigneter zu machen. Dieses ist vorzugsweise durch Schober[1] geschehn, welcher hierzu eine kleine Windmühle wählte, an welcher eine Glocke angebracht war, die bei sechs Umdrehungen der Flügel angeschlagen wurde, wonach sich also die Mengen der Umdrehungen in einer gegebenen Zeit messen liefsen. Ungleich zweckmäfsiger ist die Einrichtung, welche Woltmann[2] diesem Apparate gab, den er dazu bestimmte, die Geschwindigkeit sowohl des strömenden Wassers, als auch des Windes zu messen. Er brachte an der Axe, an welcher die Windmühlenflügel befestigt sind, eine Schraube ohne Ende an, deren Windungen in die Zähne eines Rades eingreifen, dessen Axe mit einem Zeiger versehn ist, um die Menge der ganzen Umläufe der Windmühlenflügel zu messen. Bei jeder Umdrehung ist

1 Hamburger Magazin. Bd. IX. St. 2 u. 3.

2 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels u. s. w. Hamb. 1790. 4.

nen Mühlenwelle rückt das Rad um einen Zahn weiter, und Art der Messung ist daher willkürlich, wird aber meistens eingerichtet, dafs bei 30 Umläufen der Welle das Rad ein- ganz herumkommt und der Zeiger die Zahl der Umläufe lt. Das Rad kann dann weiter so eingerichtet werden, dafs an ihm befindliches Getriebe in zwei sogenannte *hunting els* eingreift und sonach eine sehr grofse Menge von Um- ungen zählbar macht.

42) Die Aufgabe, wie sich die Umläufe der Flügel zu Geschwindigkeit des sie stofsenden Windes verhält, gehört len sehr schwierigen. Ohne hierüber in tiefere Untersu- gen einzugehn, wird Folgendes genügen, um eine deut- Vorstellung der Sache zu erhalten. Zuvörderst mufs die ung so weit vermindert werden, dafs man sie als ver- rindend vernachlässigen kann; doch ist dieses nicht in gan- Strenge möglich, weil bei zunehmender Geschwindigkeit Windes sein Druck wächst, dadurch also auch der Druck hinteren Zapfens gegen seine Widerlage und somit dessen ung, obgleich seine konische Spitze von Stahl und die erlage von Achat seyn kann. Unter Voraussetzung, dafs ns keine bedeutenden Fehler erwachsen können, gelangt leicht zu folgenden Resultaten. Der Hauptheil des Ap- Fig. es besteht aus den Flügeln der kleinen Windmühle, deren 225. zwar nicht nothwendig bestimmt ist, man wählt deren meistens vier, und zwar schon aus dem Grunde, weil die ende Luft hinreichenden Raum zum Abfliefsen haben mufs[1]. der in der Richtung des Windes liegenden Axe o sind vier Arme a, a, a, a so befestigt, dafs sie alle in der ichen Ebene liegen, auf welche der Wind lothrecht stöfst, dafs sie unter sich Winkel von 90° bilden. An den En- dieser Arme sind die rectangulären, sehr dünnen Schei- α, α, α, α befestigt und sämmtlich in einem gleichen kel gegen die auf der Axe lothrechte Ebene der Stäbe ge- :t. Wenn dann der Wind gegen die schief gegen ihn hteten Flächen stöfst, so werden diese ihm seitwärts mit leunigter Geschwindigkeit ausweichen, bis der Widerstand i die Kraft des Stofses verschwindet, also die Flächen die iche Geschwindigkeit, als die des Windes, angenommen

[1] Vergl. Art. *Windmühle*.

haben, und ihm mit einer der seinigen gleichen Geschwindigkeit ausweichen, was sehr bald eintreten wird, wenn die als verschwindend zu betrachtende Reibung kein bleibendes Hinderniſs entgegensetzt. Beim Ausweichen der Flügel, die sich dann in Kreisen bewegen, müssen aber die von der Umdrehungsaxe ungleich entfernten Theile der kleinen Flügel eine ungleiche Geschwindigkeit annehmen, weil diese sich wie die durchlaufenen Räume, und letztere wie die beschriebenen Kreise oder deren Halbmesser verhalten. Es folgt aber aus der Natur der Sache, daſs, wenn die genau in der Mitte der Flügel liegenden Theile eine dem Winde genau gleiche Geschwindigkeit annehmen, die der Umdrehungsaxe näher liegenden hinter dieser zurückbleiben und daher einen Widerstand ausüben müssen, den wir einen positiven nennen wollen, während die von der genannten Mitte entfernteren vorauseilen und daher einen negativen Widerstand erzeugen. Weil aber beide Widerstände einander gleich sind, so werden sie sich aufheben und die mittleren Theile genau die Geschwindigkeit des Windes annehmen; der Einfachheit wegen macht man aber die Flächen der Flügel gröſser an Breite als an Höhe. Welcher Neigungswinkel der Flügel gegen die Ebene der Arme oder gegen die der Windrichtung lothrecht entgegenstehende Ebene für den beabsichtigten Zweck am geeignetsten sey, ist nicht mit absoluter Schärfe sicher bestimmt. Am einfachsten scheint es zu seyn, 45° als die Mitte zwischen dem ganzen und dem verschwindenden lothrechten Widerstande, bei denen gar keine Umdrehung der Flügel statt finden würde, zu wählen, Schmidber hält aber einen Winkel von 52° am geeignetsten. Heiſst dann r der Halbmesser des von der Mitte des Flügels durchlaufenen Kreises und n die Ludolph'sche Zahl, so ist die Länge des während eines Umlaufes der Flügel durchlaufenen Kreises $2r\pi$, und wenn in 1 Secunde n Umläufe statt finden, so ist, die Geschwindigkeit v und die Länge der Radien in Fuſsen genommen,

$$v = n2r\pi.$$

Auf diese Weise sind die im Art. *Wind* angegebenen Geschwindigkeiten des Windes gemessen.

43) Neuerdings hat man in England einige Windmesser in Vorschlag gebracht, die hier noch erwähnt zu werden verdienen

st möge der von Robert Adie[1] zu Liverpool erfundene
nnt werden, wofür ihm die Gesellschaft der Künste für
ttland die silberne Medaille zuerkannte. Gegen die bisher
uchlichen macht er vorzüglich den Einwand, dafs sie zu
g empfindlich sind, und dafs die Federn, die durch die
t des Windes zusammengedrückt werden, nicht blofs mit
Zeit ihre Elasticität verlieren, sondern auch dem Einflusse
ngleichen Temperatur auf die Stärke ihrer Spannung un-
gen. Dieser letztere Einwurf trifft zunächst die nach
UER's Methode construirten, fällt aber bei den durch
FOY verbesserten weg; den ersteren Mangel macht er vor-
weise gegen Lind's Windmesser geltend, welcher ihm am
esten bekannt gewesen zu seyn scheint und ihn zum
l auf den von ihm selbst erfundenen geführt hat, welcher
lings an Empfindlichkeit alle andere bedeutend übertrifft.

Adie's Apparat besteht aus einem cylindrischen, mit Was- Fig.
efüllten, blechernen Gefäfse GG, in welches ein anderer 226.
ichter Cylinder A herabgesenkt ist. Dieser hängt an einer
ur, deren anderes Ende um die Rolle B, die auf der Axe C
tzt, geschlungen ist. Auf dieser nämlichen, mit ihren End-
n in Zapfenlagern liegenden Axe sitzt gleichfalls die Schne-
D fest, um welche eine Schnur gewunden ist, die am andern
das Gewicht W trägt. Das Gewicht des Cylinders A
das in W halten sich das Gleichgewicht und stellen den
nd der Ruhe her, wenn die Schnur des letzteren um die
te Windung der Schnecke geschlungen ist und also auf
ängsten Hebelarm wirkt; sobald aber A durch verdichte-
Luft im Innern gehoben und also leichter wird, gelangt
chnur der Schnecke D auf eine kleinere Windung und
lso eine geringere Kraft aus. Mit der Schnecke dreht sich
ich die Axe, an deren einem Ende der Zeiger E festsitzt,

Edinburgh New Philos. Journ. N. XLIV. p. 309.

In der Beschreibung heifst es eine Schnecke (mit spiralförmigen
ngen), in der Figur ist es eine Rolle. Auch diese würde genü-
nd obendrein einfacher für die Verfertigung und die Berechnung

Die Empfindlichkeit des Instrumentes und die Gröfse des vom
r durchlaufenen Bogens hängt dann von der Kleinheit des Durch-
rs der Rolle B ab, der Kasten A wird aber aus hydrostatischen
len so viel schwerer, mufs also durch einen so viel stärkeren Wind
en werden, je höher er steigt.

dessen Spitze auf einem getheilten Kreise die Grade der Umdrehung angiebt. Zum Messen des Maximums und des Minimums der Windstärke dienen zwei fliegende Zeiger, die durch den Hauptzeiger fortgeschoben an der erreichten Stelle zurückbleiben. In dem innern Cylinder A befindet sich die Oeffnung eines gebogenen Rohres, welches durch den Boden des grösseren Cylinders geführt und dann aufwärts gebogen ist. Die weitere Construction ist durch die Zeichnung nicht erläutert, sondern blofs beschrieben. Am oberen Ende H der Röhre befindet sich nämlich eine Kammer mit einer trichterförmigen Oeffnung, die dem Winde allezeit entgegensteht. Um diese zu erreichen, ist die Kammer der Oeffnung diametral gegenüber mit einer Windfahne versehn und um die Oeffnung der Röhre H drehbar, indem ein Quecksilberventil sie luftdicht macht. Der Stöpsel P endlich dient dazu, um das etwa in die Röhre geflossene Wasser abzulassen.

Man ersieht leicht, dafs der Cylinder A leichter werde aufsteigen und daher die Axe mit dem Zeiger umdrehen müsse, wenn die Luft durch das Einblasen des Windes in die trichterförmige Oeffnung in ihm verdichtet wird. Allerdings läfst sich auf diese Weise eine grofse Empfindlichkeit erreichen, weil auch die geringste Verdichtung der Luft den hydrostatischen Stand des Cylinders ändern mufs; in welchem Verhältnifs dieses aber mit der Geschwindigkeit des Windes steht, soll durch Versuche ermittelt werden, was eine bei weitem schwierigere Aufgabe, als die Erfindung eines Windmessers ist, und eben daher ist diese von Adie ungelöst gelassen. Uebrigens mag

---

1 Diese Beschreibung ist offenbar mangelhaft, und läfst den Beurtheiler aufser Stand, die Brauchbarkeit des Apparates zu prüfen. Das Quecksilberventil verdient auf jeden Fall kein Vertrauen. Ist es nach aufsen frei, so kommt Regen und Staub hinzu, und das Eisen rostet, auch durch blofse feuchte Luft, ohne Zutritt des Wassers, oft schnell, wenn es mit Quecksilber in Berührung steht, die Verdunstung des Quecksilbers selbst nicht zu erwähnen. Aufserdem ersieht man nicht, wie auf diese Weise eine genügende Stabilität der Kammer mit ihrer trichterförmigen Oeffnung erhalten wird. Es wäre übrigens leicht, den ganzen Kasten G G um eine verticale Axe drehbar zu machen und mit einer Windfahne zu versehn, um die Röhre H nebst ihrer trichterförmigen festsitzenden Oeffnung stets dem herrschenden Winde entgegenzurichten.

te er verschiedene Formen der dem Winde entgegengerich-
i Oeffnung, fand aber den Trichter am geeignetsten.

44) Bei den jüngsten, in England gemachten Vorschlägen
nemometern bezweckte man, sowohl die Geschwindigkeit,
uch die Richtung der Winde zu messen und beide zu-
h zu registriren. Von dieser Art ist das durch Forbes[1]
ohlene, was jedoch nicht ausgeführt worden zu seyn scheint,
sonst würden sicher die Resultate der Erfahrung nicht
n, dabei aber auch die Schwierigkeiten sich herausgestellt
n, die seiner praktischen Anwendbarkeit entgegenstehn.
n wesentlichen Theilen nach besteht dieser Windmesser
einem starken, hinlänglich zu befestigenden Brete CD, auf Fig.
hem die möglichst dünnen Metallstäbe GE und HF be- 227.
t und oben durch den Querbalken EF verbunden sind.
erer trägt den zur Windmessung bestimmten Apparat,
ich zuerst die Windmühle A mit verticaler Axe und dün-
in verticalen Ebenen liegenden Flügeln. Diese kleine
le ist zum Theil mit einem in der Zeichnung nicht auf- g
mmenen, durch eine Windfahne drehbaren Kasten so um-
, dafs nur ein Theil der Flügel vorsteht und durch den
des Windes getroffen wird. Je nach der Stärke des
des läuft die Mühle schneller um und es könnte daher
Menge dieser Umläufe als Mafs seiner Geschwindigkeit
n; da aber diese auf eine andere Weise gemessen wird,
rf man dieses Mittel vernachlässigen, und es liefse sich
ewegung des Apparates auch durch ein Uhrwerk bewerk-
gen, was im Ganzen noch räthlicher seyn dürfte. Die
der Mühle hat am unteren Ende ein Getriebe a, welches
ezahntes Rad b umdreht, auf dessen Axe c eine Schraube
Ende eingeschnitten ist, um ein unten an der runden
el B hervorragendes gezahntes Rad um seine verticale Axe
drehn. Die Scheibe dieses Rades hat gegen den Rand
wischen zwei concentrischen Kreisen einen Ausschnitt; über
egt eine zweite Scheibe, beiden Flächen parallel, mit ei-
Loche über jenem Ausschnitte, und über dieser eine dritte,
er Axe befestigte Scheibe, gleichfalls mit einem Aus-
tte. Wenn dann die untere und obere Scheibe mit ihrer
inschaftlichen Axe in der horizontalen Ebene umgedreht

[1] Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. III. p. 31.

werden und hiernach die Einschnitte und das Loch der mittleren Scheibe über einander zu liegen kommen, so fällt eine der vielen über ihnen in der Kapsel liegenden Kugeln auf das Bret CD herab. Aus der Menge der in gegebener Zeit herabgefallenen Kugeln liefse sich daher die Zahl der Umdrehungen und somit die Stärke des Windes finden, allein, wie bemerkt, soll diese anderweitig gefunden werden, doch können die Resultate beider zur Vergleichung und gegenseitigen Controle dienen.

Fig. 228. 45) Um sowohl die Richtung, als auch die Stärke des Windes zu messen, liegt auf dem Brete CD des Apparates eine Scheibe ABCD, die in beliebig viele, am besten acht, Sectoren durch dünne aufstehende Schienen getheilt ist. Sechs gleich weit von einander abstehende concentrische Schienenkreise theilen die acht Sectoren dieser Scheibe in 48 Fächer, die zwischen den schmalen Einfassungen auf angemessene Weise vertieft sind. Wenn dann die Kugeln aus der Kapsel herabfallen, so würden sie ohne äufseren Einflufs in der Richtung der punctirten Linie lothrecht herabfallend in das Centrum der Scheibe gelangen; werden sie aber durch den Wind getroffen, so treibt dieser sie von der lothrechten Falllinie seitwärts, und die Vertiefung, worin man sie findet, giebt durch ihre Lage unmittelbar die Richtung des Windes an, ihr Abstand vom Centrum aber die Stärke des Windes, welcher ihre Ablenkung von der lothrechten Falllinie bewirkte. Um die der Gröfse und dem specifischen Gewichte der fallenden Kugeln, der Höhe des Fallraumes und der Stärke des Windes zugehörige Ablenkung zu finden, legt Forbes die für den Widerstand der Mittel von Newton[1] aufgestellten Gesetze und im Allgemeinen die Berechnungen zum Grunde, welche Robison[2] gegeben hat. Die Fallhöhe nimmt er zu 4 Fufs an, zeigt aber, dafs auch 1 Fufs Höhe genügende Resultate geben könne. Die Kugeln werden zu 0,2 Zoll Durchmesser angenommen und würden am besten von gleichem specifischen Gewichte mit dem Wasser gewählt werden. Die Resultate der theoretischen Berechnung, welche

1 Principia. Lib. II.

2 Art. *Projectils* in Encyclopaedia Britannica. Man findet sie auch in dessen Mechanical Philosophy. Edinb. 1822. 4 Voll. 8. T. II. p. 23. Vergl. Art. *Widerstand der Mittel.*

Kraft des Windstofses dem Quadrate der Geschwindigkeit
die letztere nach dem bekannten Fallgesetze der Quadrat-
zel aus der Fallhöhe proportional angenommen wird, stim-
mit den Versuchen Hutton's sehr gut überein.

46) Hiernach erscheint also die Construction des Appara-
theoretisch sehr wohl begründet zu seyn, allein der prak-
ien Ausführung stehn so bedeutende Hindernisse entgegen,
es eine vergebliche Mühe seyn dürfte, Tabellen zu be-
nen, um durch blofses Nachsehn der Fächer, worin sich
Kugeln befinden, zugleich die Richtung und Stärke des
ides zu erhalten. Bekanntlich ist die Kraft, welche eine
egte Flüssigkeit gegen einen ruhenden Körper ausübt, nicht
u dem Widerstande gleich, welchen der bewegte Körper
ler ruhenden Flüssigkeit bei gleichen Geschwindigkeiten
det, weswegen also Hutton's Versuche für den vorlie-
len Zweck keine genügende Grundlage darbieten, und Ro-
n selbst gesteht, dafs auch das Problem, die Stärke des
lerstandes aus der Geschwindigkeit und dem specifischen
ichte der Flüssigkeiten mit absoluter Schärfe zu berechnen,
Bemühungen ungeachtet noch nicht vollständig gelöst
Angenommen aber, es sey für dieses alles eine hinläng-
feste Basis vorhanden und das Verhältnifs des Wider-
les einer Kugel zu dem einer Fläche durch ihren Mittel-
t völlig bestimmt, so dürfte die dann noch erforderliche
lut genaue Bestimmung der Gröfse und des specifischen
ichtes der Kugeln unüberwindliche Schwierigkeiten herbei-
n. Forbes schlägt hölzerne Kugeln oder auch getrock-
Erbsen vor, allein letztere müfsten genau ausgesucht wer-
um vollkommen rund zu seyn, beide aber dürften hin-
lich ihres Volumens und specifischen Gewichtes dem Ein-
e der Feuchtigkeit, insbesondere beim Regen, allzusehr
esetzt seyn. Ob die gewählten Kugeln nicht durch wie-
oltes Herabfallen ihre Gestalt ändern könnten, mag auf
beruhn, eine bedeutende Unsicherheit ist aber auf keine
se zu vermeiden, wenn wir auch alle bisher erwähnten
lernisse als beseitigt betrachten wollten. Diese beruht dar-
dafs die herabfallenden Kugeln sehr häufig auf die her-
ehenden Rippen unter sehr verschiedenen Winkeln auf-
gen, hiervon zurückspringen und dann wieder in Fächer
n müssen, die den Beobachter ganz irre führen und zu

durchaus falschen Resultaten veranlassen würden. Sollen es daher weit bessere Anemometer giebt, die dem Erfinder in jetzt beschriebenen nach ihrer eigentlichen Construction nicht genau bekannt gewesen zu seyn scheinen, wird man mehr zu diesen seine Zuflucht nehmen.

47) Bei den Berathungen der Versammlung britischer Naturforscher nehmen meteorologische Beobachtungen und Werkzeuge die Aufmerksamkeit vorzugsweise in Anspruch, und man darf mit Recht behaupten, dafs der von dort her gegebene Impuls zu der Hoffnung berechtigt, die Meteorologie werde baldigst einen ihr gebührenden Rang unter den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disciplinen erhalten. Bei dieser Gelegenheit sind mehrmals Anemometer vorgezeigt worden und die Erfinder haben zugleich über die Anwendbarkeit derselben Bericht abgestattet, Zeichnungen davon sind mir aber nicht bekannt geworden, doch lassen sie sich auch ohne diese hinlänglich deutlich machen. Die vorzüglichsten dort namhaft gemachten und bereits durch Erfahrung geprüften sind die von Osler und von Whewell erfundenen. Letzterer brachte die Ansicht zuerst in Anregung bei der Versammlung zu Dublin[1] im Jahr 1835, und stellte das eigentlich zu lösende Problem fest. Es müsse nämlich, wie er fordert, der Gesammtbetrag der Luftströmungen, die an irgend einem Orte in verschiedenen Richtungen statt finden, aufgezeichnet werden, die Summe dieser Aufzeichnungen gebe dann für eine gewisse Zeit den Typus der Winde an dem bestimmten Orte, und wenn man mehrere Jahre zusammennehme, den mittleren jährlichen Typus. Erst dann, wenn man solche von verschiedenen Orten erhalten habe, lasse sich über die Luftbewegungen im Allgemeinen urtheilen. Bei der zweitfolgenden Versammlung[2] zu Liverpool im Jahr 1837 stattete er weiteren Bericht ab über das von ihm für diesen Zweck erfundene Anemometer, welches zur Zeit der genannten Versammlung und auch der nächstfolgenden zu Bristol noch nicht vollendet, seitdem aber von Challis zu Cambridge

1 London and Edinburgh Philos. Magaz. N. XL. p. 315. Cambridge Transactions. T. VI. part. 2. Letzteres Werk, worin die umständige Beschreibung enthalten ist, habe ich nicht zur Hand.

2 S. ebendaselbst N. LXIX. p. 474. Vergl. Six report of Brit. Assoc. Notices. p. 39. Supplementary Report on Meteorology. By James D. Forbes. Lond. 1841. p. 103.

BES und RANKIN zu Edinburg, SNOW HARRIS und SOUTHOD zu Plymouth wirklich gebraucht worden war. Dasselbe eht aus einer gewöhnlichen Windfahne, welche zugleich dem ıde eine kleine Windmühle, wie die Ventilatoren in den stern, entgegenrichtet. Die Axe dieser Mühle pflanzt :h Räder und Getriebe ihre sehr schnelle Bewegung fort macht sie so langsam, dafs durch 1000 Umläufe derselben unten angebrachter Pinsel nur 0,05 eines engl. Zolles abts bewegt wird. Dieser Pinsel hat eine horizontale Richt und zeichnet mit schwarzer Farbe auf einem weifs lackirvertical stehenden Cylinder, welcher dem ganzen Apparate Stütze dient, eine dicke schwarze Linie. Da sich der Apt nach der wechselnden Windrichtung um diesen Cylinder ıt, so giebt die horizontale Linie die Richtung, die Länge verticalen aber die Stärke des Windes und die Zeitdauer während welcher er in der nämlichen Richtung wehte, die vom einen Nachsehn der Zeichnung bis zur nächstfolden als bekannt vorausgesetzt. Hiermit wollte der Erfinder Mangel ersetzen, welcher sich in den bisher vorhandenen eichnissen der mittleren Windrichtungen, namentlich auch en von KÄMTZ, findet, bei denen die schwächsten Winde den Stürmen auf gleiche Linie gestellt sind. Einige grach dargestellte Beobachtungen, die zu Cambridge auf der nwarte und zugleich auf dem Hause der dortigen Societät Wissenschaften angestellt worden waren, bewiesen durch nahe Uebereinstimmung die Brauchbarkeit des Apparates.

48) Diese Verhandlungen bewogen OSLER[1] aus Birmingham, von ihm erfundene und in den ersten acht Monaten des rs 1837 geprüfte Anemometer zu beschreiben, wozu ihn ıentlich WHEWELL aufforderte. Dieses besteht aus einer röhnlichen Windfahne, welche an einer Stange oder vielır der gröfseren Stärke wegen an einer Röhre festsitzend e letztere zugleich mit sich umdreht. Am untersten Theile ıelben befindet sich ein Getriebe, welches in ein gezahntes l eingreift und dieses nach der jedesmaligen Windrichtung dreht, während ein an demselben befestigter Pinsel auf eia sich aufrollenden und durch ein Uhrwerk jede Stunde

1 British Association. 7th Report. Description of a self-registering mometer and Rain-Gauge. Birm. 1839. 4.

um 1 Zoll fortgezogenem Papierstreifen, auf welchem zugleich die Windrichtungen gezeichnet sind, eine Linie zieht. Hierdurch wird also die jederzeitige Windrichtung, nebst ihrer Dauer, genau gegeben. Zum Messen der Stärke des Windes dient eine Tafel von 1 Quadratfuſs Flächeninhalt, die in verticaler, auf die der Windfahne senkrechter Ebene mit letzterer so verbunden ist, daſs ihre Fläche stets dem gerade herrschenden Winde entgegengerichtet wird. Als Träger derselben dienen zwei zwischen Frictionsrollen verschiebbare Arme, die gegen eine Spiralfeder drücken, sobald der Wind gegen die Tafel stöſst und diese zurücktreibt. Vermittelst eines Drahtes, welcher durch die Röhre, die als Träger dieses Apparates und der Windfahne dient, herabgeht, wird unten ein zweiter Pinsel der Stärke des Druckes proportional in Bewegung gesetzt und zeichnet auf dem nämlichen Papierstreifen Linien, die durch ihre Länge die Stärke des Windes und somit seine Geschwindigkeit angeben. Whewell war sehr mit dieser Einrichtung zufrieden, meint aber, sie gebe wohl die Stärke des Windes nicht aber den Gesammteffect (*integral effect*) an[1]. Dieser Vorwurf dürfte aber wohl nicht ganz begründet seyn; denn wenn die Linien auf dem bewegten Papierstreifen die jedesmalige Stärke, der Streifen selbst aber durch sein Fortrücken die Zeitdauer angeben, so hat man hierdurch die beiden Factoren des gesuchten Productes; auch bemerkte Lloyd, daſs die Striche, welche die Windstärke angeben, als Ordinaten, die Längen des fortgerückten Papiers als Abscissen betrachtet werden könnten, wonach die Flächen den Gesammteffect des Windes geben müſsten und man daher nur den bezeichneten Papierstreifen ausschneiden und wägen dürfte, um diesen zu erhalten.

49) Beide letztgenannte Windmesser wurden den Mitgliedern der jüngsten antarktischen Expedition unter Capitain James Ross zum Gebrauche empfohlen. Die Verfasser der für diese bestimmten Instruction[2] machen dabei in Beziehung auf den von Osler erfundenen die Bemerkung, daſs die erhaltenen Resultate einer Verbesserung wegen des Aufstauens des Windes

1 Hierunter versteht Whewell nach dem Vorigen das Product aus der Dauer und der Stärke.

2 S. London and Edinb. Philos. Magaz. N. XCV. p. 216.

der gestofsenen Scheibe bedürfen würden, ohne jedoch geben, woher diese zu entnehmen sey[1]; aufserdem aber ehlen sie, die aus der ungleichen Temperatur hervorge- e verschiedene Elasticität der Feder allezeit durch aufge- Gewichte empirisch zu corrigiren. Ueber das von Wer- L erfundene Anemometer urtheilen sie, es sey zusammen- zter in seiner Construction und entstehenden Unordnungen ter ausgesetzt. Gegen beide dürfte sich erinnern lassen, das Aufzeichnen der Linien durch Pinsel beschwerlicher unsicherer ist, als durch Bleistifte, die man leicht durch ache Federn so weit andrücken kann, als zur Erzeugung nglich kenntlicher Linien gerade erforderlich ist. Dabei man sich übrigens wundern, dafs zur Messung der Wind- e Federn gewählt sind, und nicht viel mehr Gewichte mit üren, die sich auf Spiralen wickeln, da diese bereits frü- namentlich auch durch Beaufoy, angegeben worden sind.

50) Eine früher, als die beiden letztgenannten, bekannt rdene Vorrichtung zum Messen der Richtung und Stärke Windes, die sich leicht durch einen den bereits angegebe- ähnlichen Mechanismus zur graphischen Aufzeichnung ein- en liefse, theile ich um so lieber mit, als sie wegen ihrer chheit wohl den Vorzug vor vielen andern haben dürfte[2]. blofse Anblick der Zeichnung genügt, um eine Vorstel- von derselben zu erhalten, und ich füge daher nur eine e Beschreibung mit dem Bemerken hinzu, dafs ich in ei- n nicht wesentlichen Stücken vom Originale abgewichen um zugleich die Selbstregistrirung mit aufzunehmen. In Zeichnung sieht man die gemeine Windfahne, die, hin- ich hoch über das Dach AA vorstehend, an der hohlen ge CC festsitzt. Letztere geht in das Beobachtungszimmer und hat an ihrem unteren Ende ein Getriebe O, welches in gleichfalls horizontales Rad P von einer gleichen Anzahl e eingreift, dieses umdreht und bewirkt, dafs der hieran

Fig. 229.

[1] Aus dem, was hierüber im Art. *Wind*, *Geschwindigkeit desselben* gesagt worden ist, würden sich annähernde Bestimmungen hierfür ihmen lassen.

[2] Ich entnehme die Beschreibung aus Dingler's polytechn. Journ. XV. S. 223. Sie ist aus Mechanics Magaz. N. 192 vom 28. Apr. S. 264.

befestigte Stift π auf der darunter liegenden Tafel aa die Richtung des Windes aufzeichnet[1]. Eine Schiefertafel und ein geeigneter Zeichenstift würden hierzu am passlichsten seyn, auch ist zum Ueberflusse die schwache Feder γ angedeutet, welche diesen Stift in seiner Hülse gerade genügend herabdrückt. Da man nach beliebigen Zeitintervallen die gezeichneten Linien wegwischen kann, so ist hiermit die Richtung des Windes vollständig gegeben; verlangte man aber noch mehr, so liefse sich die Tafel leicht durch ein Uhrwerk bewegen, was aber neue Schwierigkeiten herbeiführen würde und für stündliche Beobachtungen als durchaus überflüssig erscheint.

Fig. 230. 51) Zum Messen der Stärke des Windes dient der auf gröfserem Mafsstabe gezeichnete Rahmen EDF, welcher vertical auf dem Pfeile der Windfahne so aufgesetzt ist, dafs beide der Ebenen rechtwinkelig auf einander gerichtet sind. Dieser Rahmen trägt den um die feine Axe EF leicht beweglichen dünnen Schirm A, an dessen oberer Seite die Rolle G (oder deren auch ein Halbkreis oder selbst ein Quadrant genommen würde) befestigt ist. Von dieser läuft eine Schnur H über die Rolle L durch die Röhre CC hinab und ist unten um die Rolle k geführt, dann um die Scheibe II geschlungen und am Ende durch eine Spiralfeder oder ein Gewicht erforderlich gestrafft. Die Rolle II trägt den Stab t, an dessen einem Ende durch die Hülse μ ein Stift herabgeht, um auf der unter ihr horizontal liegenden Tafel rr die Stärke des Windes graphisch darzustellen. Drückt der Wind mit der seiner Geschwindigkeit zugehörenden Gewalt die Tafel A zurück, so rollt die Rolle G die Schnur an, die Scheibe II wird umgedreht und der Stift registrirt die zugehörige Windstärke. Und da der Raum, durch welchen der Schirm A gehoben wird, nicht mehr als einen Quadranten betragen kann, so darf man nur der Rolle G den vierfachen Radius der Rolle II geben, um für den Unterschied der Windstärke einen ganzen Kreis zu erhalten. Nach der ursprünglichen Angabe steht die Ebene der

---

[1] Nach dem Original soll die Ebene des Radus vertical stehen und an seiner horizontalen Axe einen Zeiger tragen, welcher auf einem Zifferblatte die Windrichtung angiebt. Die von mir angenommene horizontale Lage der Räder und der Scheibe ist offenbar einfacher, bequemer und sicherer.

11 vertical und trägt einen Zeiger, um auf einem gleich-
verticalen Zifferblatte die Stärke des Windes anzugeben,
man sich auch ohne Zeichnung leicht vorstellen kann.
hat bei dieser Construction eine unüberwindliche Schwie-
it in dem Umstande gefunden, dafs die Schnur, welche
Rolle 11 umzudrehen dient, durch den veränderlichen
htigkeitszustand, und wenn man statt ihrer einen Draht
en wollte, durch die ungleiche Temperatur verkürzt oder
ngert wird; allein diesem Uebelstande ist leicht abzuhel-
Zuvörderst ist die Ausdehnung des Metalls durch Wärme
ich kleiner, als die der Schnüre aus animalischen oder
abilischen Stoffen durch die Feuchtigkeit; erstere würden
einen Vorzug vor den letzteren haben, wenn nicht von
andern Seite ihre geringere Biegsamkeit diesen Vortheil
als gänzlich aufhöbe. Dennoch aber würde rathsam seyn,
anze, durch die Röhre herabgehende Länge aus Metall-
zu verfertigen und das Gewicht desselben, so wie die
der auf das Ende der Schnur wirkenden Spiralfeder, durch
n der Rolle L oder selbst G angebrachtes Gegengewicht
lanciren, um die Kraft auch der leisesten Windstöfse zu
n. Würden dann die über die Rollen oben und unten
lungenen oder nur über sie hinlaufenden Schnüre aus den
skopischen Substanzen verfertigt, so könnte ihre Aus-
ung wegen ihrer geringen absoluten Länge nicht grofs
, aber auch diese geringe Gröfse läfst sich beseitigen.
darf zu diesem Behuf nur das untere Ende der Wind-
nstange, da dieser Apparat an jedem Tage gewifs mehr-
beobachtet wird, mit der Hand um 90° von dem Stande,
sie gerade einnimmt, nach der einen oder andern Seite
ndrehn, um die Platte A lothrecht herabhängend zu ma-
, und die Gröfse, um welche dann der Zeiger vom Null-
te der Scheibe r r absteht, giebt den Fehler an, welcher
vorausgegangenen Beobachtung zugehört. Da der Zeiger
oder der Stab t auf dem ihn bewegenden Zapfen nur
steckt ist, so wird man ihn jederzeit wieder auf 0 der
lung stellen, und der nachher gefundene Fehler würde
annähernd nur etwa zur Hälfte als Verbesserung einzu-
n seyn. Es dürfte hiernach dieser am wenigsten zusam-
esetzte und durchaus nicht künstlich eingerichtete Apparat
llen andern den Vorzug verdienen.

52) Am 11ten November 1837 zeigte Combes[1] dem französischen Institute ein Anemometer, welches zwar eigentlich nur bestimmt ist, die *Geschwindigkeit der Luftströmungen in den Galerieen* und *Minen* der Bergwerke zu messen, und überdem auf keine neuen Principien gebaut ist, allein dennoch hier erwähnt zu werden verdient, zum Theil auch deswegen, weil einige Untersuchungen darin vorkommen, die sich unmittelbar an die bereits mitgetheilten anschliefsen. Dasselbe ist ein sehr kleines, fein gearbeitetes Instrument und auf das zuerst durch Wolf aufgestellte Princip gegründet. Eine kleine, mit feinen Spitzen in Achat laufende Axe trägt am einen Ende vier sich kreuzende Stangen mit feinen Rähmen, in denen kleine Scheibchen von Rauschgold oder dünnen Metallblechen ausgespannt sind und mit ihrer auf die Axe perpendiculären Rotationsebene einen Winkel von 20 bis 25 Grad bilden. Die Axe mit diesen Flügeln wiegt nicht mehr als 2,865 Gramm. In ihrer Mitte befindet sich eine Schraube ohne Ende, die in ein Rad von 100 Zähnen eingreift, welches letztere durch einen kleinen Zapfen ein zweites Rad von 50 Zähnen jederzeit um einen Zahn weiter schiebt. Beide Räder haben auf ihre Axen aufgesteckte Zeiger, die andere sogenannte fliegende Zeiger vor sich hin schieben und somit von 1 bis 5000 Umläufen der kleinen Windmühle zählen. Das ganze Instrument ruht auf einer Kupferscheibe, die Flügel spielen frei, doch lassen sie sich augenblicklich anhalten und wieder frei beweglich machen durch einen Winkelhebel, welcher zwischen ihre Arme greift, und durch einen zweiten kleinen Hebel, welcher mittelst zwei seidener Fädchen bewegt wird, so daß er die Flügel augenblicklich frei läfst oder anhält, ohne daß sich der Beobachter dem Instrumente nähert. Das Anemometer wird dann auf einen Pfeiler in den Luftzug so gestellt, daß seine Axe in der Richtung desselben liegt; der Beobachter verbirgt sich in einem Winkel oder hinter einem Pfeiler, um nicht störend einzuwirken, mittelst der Fädchen läfst er die Flügel frei und arretirt sie wieder, mifst genau die dazwischen verflossene Zeit, und liest dann die Zahl der Umdrehungen nach der Angabe der Zeiger ab, um auf diese Weise die

1 L'Institut 1837. T. V. p. 410. Das Instrument ist eigentlich ein sehr kleiner Woltmann'scher Windmesser.

windigkeit der Strömung, und somit die Menge des in ner Zeit durch einen gemessenen Raum strömenden Gases ssen. Obgleich also das Instrument nicht eigentlich zum n der Geschwindigkeit des Windes bestimmt ist, über- man doch bald, dafs es füglich auch hierzu verwandt wer- önne.

3) Combes bemühte sich, durch die Theorie unterstützt, Verhältnifs zwischen der Geschwindigkeit der Luftströ- und der Zahl der Umdrehungen der Flügel durch Er- g zu finden. Die zu diesem Zweck angestellten Ver- haben insofern einen Vorzug vor den zahlreichen frühe- ls sie mit dem Instrumente selbst gemacht wurden. Zu n Zwecke diente eine Maschine, mittelst welcher eine e Stange, ein Meter lang, in horizontaler Ebene umge- wurde. Am Ende derselben war das Anemometer so be- , dafs die Axe desselben in der Bahn des beschriebenen s von 1 Meter Halbmesser lag. Mit dem Uhrwerk wa- Windflügel verbunden, durch deren Stellung die Umdre- n geschwinder und langsamer gemacht werden konnten. eidnen Fädchen waren der Länge nach über der eisernen e hin durch ein Loch im Zapfen des Centrums gezogen, ls man sie anziehn und dadurch die Flügel des Anemo- feststellen oder frei lassen konnte, ohne die Maschine alten. Auf diese Weise liefs sich also die den Umläufen einen Flügel zugehörige Geschwindigkeit der Luftbewe- mit völliger Genauigkeit messen, unter der Voraus- g, dafs es gleiche Resultate giebt, wenn die bewegte gegen eine ruhende Fläche und wenn diese bewegte Fläche die ruhende Luft stöfst. Dieses setzt Combes voraus[1], nimmt zugleich als allgemein zugestanden an, dafs der chte Stofs einer gleichmäfsig bewegten Flüssigkeit gegen bene Fläche der Gröfse dieser Ebene und dem Quadrate eschwindigkeit der Bewegung proportional sey, wonach lie hierauf gegründete theoretische Formel seyn würde:

$$v = \sqrt{\frac{Cg}{k\pi a \operatorname{Sin.} a \operatorname{Cos.}^2 a}} + \operatorname{Tang.} a \times u,$$

[1] Die Zweifel und Gründe hiergegen sind im Art. *Wind*, *Geschwindigkeit desselben*, erörtert worden.

worin v die Geschwindigkeit in 1 Secunde, u die gleichförmige Geschwindigkeit des Centrums der Flügel, $\frac{\pi}{g}$ die Dichtigkeit der Luft, welche gegen die Flügel stöfst, C einen constanten von der Reibung der Theile des Anemometers abhängenden auf einen gegebenen Hebelarm bezogenen Coefficienten, k einen numerischen, aus DE BORDA's Versuchen zu entnehmenden Factor bezeichnen. Da die Geschwindigkeit u der Zahl der Umdrehungen der kleinen Windmühle in einer gegebenen Zeit proportional ist, so darf man nur diese Zahl durch n bezeichnen, und erhält dann

$$v = a + b + n,$$

worin a und b numerische Coefficienten bezeichnen. Aus Versuchen, worin die Geschwindigkeit zwischen 0,37 und 3 Meter in 1 Secunde wechselte, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, fand sich

$$v = 0{,}1971 + 0{,}0906\,n$$

in Metern. Die durch Versuche und Rechnung erhaltenen Gröfsen stimmten so genau mit einander überein, dafs keiner der Abweichungen über 0,03 hinausging.

54) Wollte man von diesem Drehungsapparate zum Theil der eigentlichen Anemometer Gebrauch machen, so würde es rathsam seyn, Flügel von ungleichem Flächeninhalte anzuwenden, und die Geschwindigkeiten so weit als möglich zu vergröfsern, um namentlich für die Ausmittelung des Windstofses bei heftigen Stürmen eine feste Grundlage der Messungen zu erhalten. Das Wichtigste wäre dann, durch einige feine Versuche bei bekannter Geschwindigkeit der Luftströmung zu ermitteln, ob bei solchen nicht hohen, in einem Winkel von etwa 45° gegen die Stofsebene gerichteten Flügeln die Geschwindigkeit des Windes genau der ihres Mittelpunctes gleich ist, wobei zugleich ein constanter Factor für die Reibung zu suchen wäre, der auf jeden Fall nicht grofs seyn kann. Sollte sich dieses als ausgemacht herausstellen, so dürfte es leicht seyn, mit Anwendung der besten unter den vielen in diesem Artikel angegebenen Vorrichtungen Windmesser zu erhalten, mittelst deren die Geschwindigkeit des Windes auch im Grofsen leicht mefsbar seyn würde.

M.

Windmühle.

'ola movens se ope venti, mola pneumatica;
n à vent; *Wind-mill.*

n Windmühlen ist in der alten Ausgabe dieses Wer-
n eigener Artikel gewidmet, ja sie werden darin gar
rwähnt, weil ihre Construction nicht eigentlich in das
der Physik gehört, sondern zunächst in die angewandte
ik oder die praktische Maschinenlehre. Weil aber alle
ine physische Kraft unmittelbar bewegte wichtige Ma-
in unserm Werke bisher berücksichtigt worden sind, so
Vollständigkeit wegen auch diese nicht gänzlich fehlen.
schöpfende Bearbeitung dieses Gegenstandes kann übri-
cht erwartet werden, vielmehr wird es genügen, nur
uptsachen zu erwähnen.

ich den Untersuchungen von Busch[1] werden die Wind-
zuerst um das Jahr 1105 erwähnt, sie waren um diese
Frankreich und vor 1143 in England bekannt; die so-
ten *holländischen* Windmühlen, die aus einem festste-
runden Thurme bestehn und bei denen blofs das Dach
n Flügeln und ihrer Axe beweglich ist, sollen um 1650
nem Künstler in Flandern erfunden worden seyn. Seit-
nd sie vielfach abgeändert worden. Bei weitem die mei-
iben in einer verticalen Ebene bewegliche Flügel, und
ier, selten sechs oder gar acht, inswischen sind solche
igs vorgeschlagen worden[2]. Die Flügel bewegen sich
ier verticalen Ebene, und die Schriftsteller, welche
fgabe im Allgemeinen behandeln, beschränken sich auf
wöhnlichen mit vier in verticaler Ebene beweglichen
, ohne den Unterschied im Baue bei den sogenannten

---

[1] Handbuch der Erfindungen. Bd. XII. Eisenach 1822. S. 383.

[2] Die neuerdings von A. Durand ausgeführte, von der Prüfungs-
sion des Pariser Instituts sehr günstig beurtheilte, hat sechs
S. Comptes rend. 1842. T. XIV. N. 12. p. 422. Sonstige Vor-
zu 6 Flügeln giebt es mehrere, die ausgeführten haben sich
cht als vortheilhaft bewährt.

holländischen und den deutschen zu berücksichtigen, welche auch in Beziehung auf den mechanischen Effect gleichgültig ist, wenn gleich die holländischen im Allgemeinen eine gröfsere Festigkeit und mehr Bequemlichkeit darbieten. Es wird daher auch hier genügen, nur diese Classe zu berücksichtigen, ohne auf die verschiedenen anderweitigen Constructionen einzugehn, zu deren gründlicher und ausführlicher Erörterung mir ohnehin die erforderlichen literärischen Hülfsmittel nicht zur Hand sind.

Die Construction und die Wirkungen der Windmühlen werden in verschiedenen eigens diesem Gegenstande gewidmeten Werken und in einzelnen Abhandlungen untersucht, finden sich aber auch in allen ausführlicheren Werken über den Mühlenbau. Ohne eine Uebersicht der Literatur zu geben oder nur die Leistungen der einzelnen Schriftsteller hervorzuheben, möge blofs bemerkt werden, dafs die Construction der Windmühlen im Allgemeinen als bekannt vorausgesetzt wird; die Hauptaufgabe bezieht sich daher auf den vortheilhaftesten Bau der Flügel und die Leistungen derselben, die vom Winde abhängen. In dieser Beziehung legen die englischen Schriftsteller die Untersuchungen Smeaton's [1], die französischen Lahire's [2], Coulomb's [3] und de Borda's [4], die deutschen endlich Schober's [5] und Woltmann's [6] zum Grunde, welche bereits in den Artikeln *Widerstand* und *Wind* gehandelt worden ist. Langsdorf [7] hat nicht blofs diese, sondern auch andere Quellen mit kritischer Prüfung benutzt, und da ich ein Gleiches zu leisten nicht wohl im Stande bin, so wird es am gerathensten seyn, ihm in der Hauptsache zu folgen.

Bei den mit 4 in verticaler Ebene beweglichen Flügeln versehenen Windmühlen heifst das hölzerne Gestell, wel-

---

1 Philos. Trans. 1759. p. 100.

2 Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris. T. IX. p. 96.

3 Ebend. 1781. T. LXV. p. 41.

4 Ebend. 1763. p. 358. 1767. p. 495.

5 Hamburger Magazin. Bd. IX. St. 2 u. 3.

6 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels. Hamburg 1790. 4.

7 Aufser seinen früheren mechanischen und hydraulischen Werken zunächst in: Ausführliches System der Maschinenkunde. Bd. II. Abth. 1. S. 111 ff. Heidelb. 1827. 4.

drehbar sind, der *Bock*, die Welle *Flügelwelle*, die durch
e gesteckten Arme heifsen *Windruthen*, auch nennt man
l die Welle mit Ruthen und Flügeln *Windrad*. Die
ge der ganzen Windruthe mit zwei Flügeln beträgt bei
gröfseren nicht leicht weniger, als 40 Fufs, erreicht aber
n 70 Fufs, und weil die meisten Winde nicht genau ho-
ital wehn, sondern meistens etwas herabstofsend wirken,
iebt man den Flügeln eine wenig gegen den Horizont ge-
te Lage. Durch die Windruthe werden die 5 bis 7 Fufs
en sogenannten *Sprossen* gesteckt, und zwar so, dafs sie
eder nach der Seite ihrer Umdrehung hin nur etwa 1 Fufs
tehn und daselbst mit den sogenannten *Windbretern* be-
t sind, oder dafs sie auf beiden Seiten gleich weit vor-
i, meistens aber an der Umdrehungsseite etwas weniger.
gröfseren Steifung sind die Sprossen allezeit mit ihren Enden
inen gemeinschaftlichen Rahmen gesteckt und zuweilen an
breiteren Seite der Flügel mit dünnen, den Windruthen
llel laufenden Latten beschlagen. Sind die angegebenen
idbreter vorhanden, so wird nur eine Seite, im entgegen-
tzten Falle werden beide Seiten der Windflügel mit gro-
Leinen, am besten mit Segeltuch überspannt. Diese Se-
werden bei den schlechteren Windmühlen meistens nur
chen den Sprossen abwechselnd durchgesteckt, zwischen
geflochten, bei den besseren dagegen sind an den Ruthen
hrer ganzen Länge eiserne Haken angebracht, in welche
an der einen Seite der Segel festgenäheten Schleusen ein-
ngt werden. An der anderen Seite der Segel befinden
Bänder, womit man sie an den Rahmen der Flügel fest-
et, wobei die Sprossen als Leitern dienen, um mittelst
elben wie auf Leitern aufzusteigen und das Ausspannen
Segel zu verrichten. Die ersten Sprossen stehn von der
gelwelle um 3 bis 4 Fufs ab, um beim Umdrehn nicht an
Dach zu stofsen.

Bei den gewöhnlichen Bockmühlen hat das untere Gestell, *Bock*, oben einen Zapfen, auf welchen, um ihn drehbar, Gehäuse mit der Mühle aufgesetzt ist, bei den holländi-
n endigt das untere polygonisch gestaltete oder runde Ge-
le oben mit einem Kranze, dem *Rollringe*, welcher so
ehauen ist, dafs ihn eine 4 bis 6 Zoll hohe Wandung
iebt, die das Ausweichen des *Laufringes* verhindert.

Letzterer ruht auf Walzen, die in Vertiefungen im Rollringe um ihre Axen drehbar sind, zugleich aber in eine Nuth am Laufringe eingreifen, so dafs die obere Fläche des Rollringes und die untere des Laufringes sich in einem nicht grofsen Abstande von einander befinden. Die Breite des Rollringes kann nicht wohl unter 14 Zoll und seine Höhe nicht unter 12 Zoll betragen, weswegen er aus gutem Eichenholze verfertigt seyn mufs, auch verfertigt man aus dieser Ursache den vorstehenden Aufsatzring für sich und befestigt ihn über dem eigentlichen Rollringe mit gehörigen Klammern, aufser den beide verbindenden hölzernen, vertical durchgesteckten Dollen. In die Vertiefung des Laufringes wird ein eiserner Ring eingesenkt, dessen Fläche also über die Walzen hingleitet. Das Aufsetzen des Daches auf den Laufring verdient nicht besonders erwähnt zu werden. Die bereits angegebene Neigung der Flügel gegen den Horizont wird dadurch erreicht, dafs die Wellenaxe an ihrem anderen Ende etwas vertieft, auf 10 Fufs Länge etwa 16 bis 20 Zoll, liegt. Der Durchmesser des Wellenhalses mag da, wo er aufliegt, nach der Gröfse der Flügel etwa 12 bis 14 Zoll betragen, auch mufs der Kopf der Welle wenigstens 4 Fufs lang und parallelepipedisch von 14 bis 16 Zoll Seite seyn, weil die durchgesteckten Windruthen in ihrer Mitte 6 bis 8 Zoll dick sind, nach den Enden hin aber verjüngt zulaufen. Langsdorf empfiehlt aber, um diese grofse Dicke zu vermeiden, eine andere, aus der Zeichnung leicht zu erkennende Vorrichtung, wonach blofs die Zulagen ab, a, durchgesteckt werden, die dann bei einer Länge von 10 Fufs die Breite der Windruthen, aber nur 4 bis 4,5 Zoll Dicke haben und aus Eichenholz bestehn, während die Windruthen der gröfseren Leichtigkeit und Elasticität wegen aus Nadelholz gemacht werden. Der Wellenhals wird, wo er sich in seinem Lager dreht, mit eisernen Schienen belegt, das Lager selbst verfertigt man aus Basalt, Porphyr oder auch aus Marmor, am besten aus einer harten Steinart. In der Mühle ist auf die Welle ein Kronrad angebracht, dessen Zähne in ein etwas kegelförmiges Getriebe am oberen Ende eines verticalen Cylinders, des sogenannten *Königsbaums*, eingreifen, dessen dadurch hervorgebrachte Umdrehung um seine verticale Axe zur Bewegung der beabsichtigten Maschinen benutzt wird. Da bei allen Maschinen Mittel zum Anhalten vorhanden seyn müssen, so ist dies

Fig. 231.

bei den Windmühlen der Fall, und zwar dient hierzu mein ein *Bremswerk*, bestehend aus einem Kranze, wel- fest auf den Rand des Kronrades an der Welle drückt die Bewegung desselben unmöglich macht. Mit geringen eichungen ist diese Einrichtung stets die nämliche, auch allezeit ein Seil oder eine Stange bis unter die Mühle , um durch Anziehung derselben das Bremswerk einzu- en und die Flügel anzuhalten, wenn man an den Flügeln ordnen will. Das Umdrehen der Mühle, um sie dem de nach den Anzeigen der auf dem Dache befindlichen en Windfahne stets entgegenzudrehn, geschieht mittelst terze, eines langen und starken, nach seinem Ende hin verjüngt zulaufenden Balkens, des sogenannten *Sterz- es*, an dessen Ende ein kleiner Haspel angebracht ist, um sich ein Seil windet, welches mit seinem andern Ende lst einer Schleife in feste Haken eingehängt wird. Bei den mühlen sind diese hölzernen Haken rund um die Mühle nem Kreise in die Erde eingeschlagen, bei den holländi- aber befinden sie sich auf der Gallerie, welche um den Theil des Gebäudes herumläuft.

Die Fläche der Flügel lag bei den älteren Mühlen in der lichen geraden Ebene, und die Flügelruthe war daher für durchgesteckte Latten in der nämlichen Richtung durch- t. Die Theorie mufste diese Einrichtung als unstatthaft nen, denn der Nutzeffect hängt von der Kraft ab, womit um etwa 45° gegen die Richtung des Windes geneigte el dem Windstofse auszuweichen strebt, die dann wieder h die Geschwindigkeit bedingt wird, in welche ein gege- r Theil des Flügels durch andere Theile desselben bereits tzt worden ist. Da aber die Geschwindigkeit der einzelnen ile der Flügel mit ihrer Entfernung vom Centrum der Welle mmt, so läfst sich eine Geschwindigkeit derselben denken, welcher sie dem Winde schneller ausweichen, als dieser vermöge seiner Geschwindigkeit bewegen würde, wonach also einen negativen oder hindernden Effect geben wür- [1]. Inzwischen waren es die niederländischen Mühlenbau- ster, welche diesem Fehler, entweder durch Nachdenken durch Erfahrung geleitet, abhalfen und statt der *ebenen*

[1] Vergl. Art. *Windmesser*. §. 42.

die gebogenen Flügel einführten. Hiernach werden die zum Durchstecken der Sprossen bestimmten Löcher so gebohrt, daß die Winkel, die sie mit einer durch die Flügelaxe gelegten verticalen Ebene bilden, von der Welle an zunehmend größer werden und die Sprossenlöcher in einer gewundenen Linie liegen, die ungefähr den zwölften Theil eines Schraubenganges bildet, wodurch dann sowohl nach der Theorie, als auch nach der Erfahrung der Nutzeffect um etwa ein Drittel vergrößert wird.

Weiter in die Beschreibung der Windmühlen und ihrer Theile einzugehn, insbesondere aber die Stärke des Windstofses je nach dem Flächeninhalte der Flügel und ihrer ungleichen Neigung gegen die Umdrehungsebene, so wie endlich auch den größten hieraus zu erzielenden Nutzeffect, als Function der Umlaufsgeschwindigkeit und der Größe des Luftdruckes gegen die Flügel, ausführlich zu erörtern scheint mir hier der Ort nicht zu seyn. Da sich diese Untersuchungen auf die praktische Anwendung beziehn würden, wobei Anschaulichkeit und Eingehn auf eine genaue Beschreibung der einzelnen Theile unentbehrlich sind, so muß man diese aus den größeren Werken über praktische Maschinenlehre entnehmen[1].

M.

---

1 Außer dem angegebenen Werke von v. Langsdorf, wo zwar die erforderliche Genauigkeit in der Bezeichnung der Figuren fehlt, verdient vorzüglich empfohlen zu werden: Theorie des Windstofses, welche in der Anwendung auf Windflügel und die von denselben getriebenen Maschinen durch eine völlige Uebereinstimmung mit der Erfahrung begründet wird. Von A. L. Crelle. Berl. 1802. 4.

Windrose.

Rosa nautarum; Rose des Vents, Çadran des nts; *Compafs, See-Compafs, rose of a Com-*s.

Ueber die Windrose ist bereits in den Artikeln *Weltge-d* und *Wind* das Erforderliche gesagt worden. Dort wurde i in einer Anmerkung angegeben, dafs namentlich bei den nischen Schriftstellern eine Menge Bezeichnungen der ver-edenen Winde vorkommen, die aber so wenig genau sind, es nicht allezeit möglich ist, sie scharf von einander zu erscheiden. Wenn es nöthig ist, sie mit lateinischen Namen bezeichnen, so dürften noch diejenigen am passendsten seyn, ihnen Leutmann[1] gegeben hat. Hiernach heifsen die 32 nde, von Nord anfangend durch Süd bis wieder zurück, st ihren Bezeichnungen und den ihnen zugehörigen Win-i, wie folgt: 1) N. 0° 0′ Boreas; 2) NO. 11° 15′ Hy-oreas, Hypaquilo; 3) NNO. 22° 30′ Aquilo; 4) NON. 45′ Mesoboreas, Mesaquilo; 5) NO. 45° Arctapeliotes, apediotes; 6) NOO. 56° 15′ Hypocaecias; 7) ONO. 67° Caecias; 8) ON. 78° 45′ Mesocaecias; 9) O. 90° Sub-mus, Apeliotes, Solanus; 10) OS. 101° 15′ Hypeurus; OSO. 112° 30′ Eurus, Vulturnus; 12) SOO. 123° 45′ seurus; 13) SO. 135° Notapoliotes, Euroauster; 14) SOS. 5° 15′ Hypophoenix; 15) SSO. 157° 30′ Phoenix, Leu-otus; 16) SO. 168° 45′ Mesophoenix; 17) S. 180° Au-, Notus; 18) SW. 191° 15′ Hypolibonotus; 19) SSW. 2° 30′ Libonotus, Austroafricus; 20) SWS. 213° 45′ Me-ibonotus; 21) SW. 225° Notozephyrus, Notolybicus, Africus; SWW. 236° 15′ Hypolibs, Vesperus; 23) WSW. 247° 30′ s; 24) WS. 258° 45′ Mesolibs, Mesozephyrus; 25) W. 0° Favonius, Zephyrus; 26) WN. 281° 15′ Hypargestes, pocorus; 27) WNW. 292° 30′ Argestes, Caurus, Corus,

1 Instrumenta Meteorognosiae cet. Wittemb. 1725. 8. p. 124.

1 Bezeichnungen nach den Weltgegenden stimmen mit den neuer-gs üblichen und richtigern nicht durchaus überein.

Japix; 28) NWW. 303° 45′ Mesargestes, Mesocorus; 29) NW. 315° Zephyroboreas, Borolybicus, Olympias; 30) NW. 326° 15′ Hypocircius; 31) NNW. 337° 30′ Circius, Thracias; 32) NW. 348° 45′ Mesocircius. Die absolute Genauigkeit und Schärfe dieser Bezeichnungen läfst sich auf keine Weise verbürgen [1].

M.

Winkelhebel.

Gebrochener Hebel; *Vectis angularis*; Levier brisé; *Crooked Lever.*

So wird ein Hebel [2] genannt, dessen beide Arme nicht in einer geraden Linie liegen, sondern einen gegebenen Winkel unter sich bilden.

Archimedes suchte das Princip der Theorie des Hebels in Verbindung mit der Lehre von dem Schwerpuncte zu beweisen, oder vielmehr er setzte dieses Princip als ein Axiom, ohne eigentlichen strengen Beweis, voraus. So kam es, dafs mehrere neuere Schriftsteller, La Hire, Bernoulli, Kästner, Karsten u. A., vor allem einen strengern Beweis dieses Princips gesucht haben, um dann auf ihm die wichtige Lehre von der Zerlegung der Kräfte und auf beiden die gesammte Statik und Mechanik zu erbauen. Newton schlug einen andern Weg ein, indem er, als Grundlage dieser beiden Wissenschaften, die Lehre von der Zerlegung der Kräfte als ein Axiom annahm und daraus sofort das Princip des Hebels und somit die ganze Wissenschaft abzuleiten suchte. Die neuesten Schriftsteller, besonders in Frankreich, haben diesen letzten Weg beibehalten, mit dem Unterschiede jedoch, dafs sie die Lehre von der Zerlegung der Kräfte auch noch streng zu beweisen suchten [3], und dafs sie endlich überhaupt der Wissenschaft eine durchaus analytische

---

1 Vergl. Lüdicke über die Bezeichnung der Winde bei den Alten. In Hindenburg's Archiv. Th. III. S. 38.

2 S. Art. *Hebel.* Bd. V. S. 105.

3 Man s. Laplace Méc. céleste Vol. I. Poisson Traité de Mécanique. IIte Aufl. Vol. I.

halt zu geben bemüht waren, statt der synthetischen, in
che sie Newton zu kleiden gesucht hatte. Was nun jenen
reis der Neueren von dem Princip der Zerlegung der Kräfte
ifft, so soll er Vielen nicht elementar genug erscheinen, da
lie Infinitesimalrechnung zu Hülfe ruft, während ihn wie-
Andere, von der strengen Observanz, nicht als scharf und
llen Puncten beruhigend genug zu betrachten pflegen. Die
e Differentialrechnung bisher aufgestellten Beweise sind, selbst
n sie in Beziehung auf ihre Strenge allen Forderungen ge-
en sollten, doch zu umständlich, um in einem eigentlichen
gebäude der Wissenschaft vorangestellt zu werden.

Sehn wir also zuerst zu, wie Newton diesen Gegenstand
ndelt, und lassen wir ihn mit seinen eigenen Worten re-
In der Einleitung zu dem ersten Buche seiner *Principia*
st es, wie folgt:

Lex II. *Si vis aliqua motum quemvis generat, dupla*
lum, tripla triplum etc. *generabit, sive simul et semel,*
gradatim et successive impressa fuerit. Et hic motus,
orpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti addi-
vel contrario subducitur, vel obliquo oblique adjicitur et
eo secundum utriusque determinationem componitur.

Corollarium. *Si corpus, dato tempore, vi sola* P *in loco* Fig.
impressa, ferretur uniformi cum motu ab M *ad* G, *et vi* 232.
Q, *in eodem loco impressa, ferretur ab* M *ad* H: *com-*
tur parallelogrammum MGHK, *et vi utraque ferretur*
m tempore corpus in diagonali ab M *ad* K. *Nam quo-*
m vis Q *agit secundum lineam* MH *ipsi* GK *parallelam,*
c vis (*secundum Legem* II) *non mutabit velocitatem acce-*
di ad lineam illam GK *a vi altera genitam. Accedet*
ur corpus eodem tempore ad lineam GK, *sive vis* Q *im-*
natur, sive non; atque adeo in fine illius temporis repe-
ur alicubi in linea illa GK. *Eodem argumento in fine*
dem temporis reperietur alicubi in linea HK, *et idcirco*
utriusque lineae concursu K.

Mich dünkt, dieses sey viel einfacher, deutlicher und über-
gender zugleich, als irgend einer der vielen weitläuftigen und
hrten sogenannten Beweise, die man bisher von diesem Satze
eben hat, und von welchen allen nahe dasselbe gilt, was
HTENBERG irgendwo von der Philosophie sagt, dafs sie

nämlich die Kunst sey, uns dasjenige gelehrt und verständlich zu sagen, was Jeder ohnehin schon gewufst hat. Daraus folgt aber unmittelbar das bekannte Theorem von der Zusammensetzung oder von der Zerlegung der Kräfte. Wird nämlich von zwei, auf einen Körper M zugleich wirkenden Kräften die eine P durch die Linie MG und die zweite Q durch die Linie MH ihrer Gröfse und Richtung nach vorgestellt, und verzeichnet man das Parallelogramm, dessen Seiten diese zwei Kräfte vorstellen, so kann man diesen zwei *Seitenkräften* P und Q eine einzige *mittlere Kraft* R substituiren, welche letztere durch die Diagonale MK dieses Parallelogramms ihrer Gröfse und Richtung nach vorgestellt wird.

Dadurch ist also jedes Problem über die Zusammensetzung oder Zerlegung der Kräfte auf die einfache Auflösung eines ebenen Dreiecks MGK zurückgeführt. In diesem Dreiecke sind nämlich die Seiten MG = P und GK = MH = Q die Seitenkräfte, so wie MK = R die mittlere Kraft (oder die sogenannte Resultante); die beiden Winkel GMK = x und GKM = y aber sind die Winkel, welche die Resultante mit den beiden Seitenkräften bildet. Bezeichnet man endlich durch m den Winkel GMH = x + y zwischen den beiden Seitenkräften, so ist auch der dritte Winkel MGK unseres Dreiecks = 180° — m.

Dieses vorausgesetzt hat man also die Gleichungen

$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \text{ Cos. } m,$$

$$R : Q = \text{Sin. } m : \text{Sin. } x \text{ oder Sin. } x = \frac{Q}{R} \text{Sin. } m,$$

$$R : P = \text{Sin. } m : \text{Sin. } y \text{ oder Sin. } y = \frac{P}{R} \text{Sin. } m,$$

und wenn daher von den sechs dieses Dreieck bestimmenden Gröfsen P, Q, R, x, y und 180° — m drei gegeben sind, so wird man daraus, mittelst der vorhergehenden Gleichungen, die drei anderen finden. Die beiden letzten dieser Gleichungen sagen: Die Resultante R verhält sich zu jeder der Seitenkräfte, z. B. zu Q, wie sich der Sinus des Winkels zwischen den Seitenkräften verhält zu dem Sinus des Winkels der Resultante mit der anderen Seitenkraft P. Auch folgt aus denselben die Gleichungen:

$$R : Q : P = \text{Sin. } m : \text{Sin. } x : \text{Sin. } y,$$

ıeifst, von diesen drei Kräften kann jede durch den Sinus nigen Winkels dargestellt werden, welchen dieRi chtun- der beiden anderen Kräfte unter sich bilden.

Da also die Resultante MK = R den beiden Seitenkräften = P und MH = Q zusammengenommen in ihrer Wir- ; ganz gleich ist, so kann auch jene statt dieser beiden so können auch diese beiden statt jener substituirt werden. mt man daher statt der Resultante MK = R in der Ver- Fig. erung ihrer Richtung KMC eine andere MC = R auf der 233. egengesetzten Seite des Anfangspunctes M, so wird die Kraft die ihr gleiche entgegengesetzte MK aufheben, also wird auch elbe Kraft MC=R die beiden Seitenkräfte MG=P und MH=Q ıeben, oder die Kraft R nach der Richtung MC wird mit beiden Kräften P nach MG, und Q nach MH *im Gleich- ·ichte seyn.* Ebenso wird auch P mit den beiden Kräften ınd R, so wie auch Q mit den beiden Kräften P und R, ı *alle drei* (durch jenes Parallelogramm bestimmten) *Kräfte den unter sich im Gleichgewichte stehn.* Diese Kraft =MC, welche der Resultante MK gleich und in ihrer Rich- g entgegengesetzt ist, wird die *Aequipollente* der Resultante ζ genannt.

Wenn man von dem anderen Endpuncte K der Resultante ζ die Lothe Kp = p und Kq = q auf die Richtungen MA l MB der beiden Seitenkräfte P und Q herabläfst, so ist

$$p = R \operatorname{Sin.} x \text{ und } q = R \operatorname{Sin.} y.$$

ch der letzten vorhergehenden Gleichung hat man aber für ı Verhältnifs der Seitenkräfte

$$\frac{P}{Q} = \frac{\operatorname{Sin.} y}{\operatorname{Sin.} x},$$

o ist auch, wenn man die so eben gefundenen Werthe von n. x und Sin. y substituirt,

$$\frac{P}{Q} = \frac{q}{p},$$

dafs sich also bei jedem Winkelhebel GMH oder GKH r das Gleichgewicht *die Seitenkräfte verhalten, wie ver- ihrt die Lothe, welche man aus irgend einem Puncte der ichtung der Resultante auf die Richtungen dieser Seiten- räfte gezogen hat, und umgekehrt*, und dieses ist der Satz,

den man gewöhnlich unter der Benennung des *Theo* … *gebrochenen Hebels* versteht.

In den meisten Fällen reicht es bei den Proble… Statik und Mechanik hin, die beiden Seitenkräfte unter… einander senkrechten Richtungen anzunehmen oder den … GMH = m = 90° zu setzen. Dadurch werden die … gehenden Ausdrücke viel einfacher. Setzt man näml… Seitenkraft MG = X und MH = Y, so wie den … KMG der Resultante R mit P gleich a, so wird man … vorhergehenden Ausdrücken

$$\begin{gathered} \text{P und Q in X und Y,} \\ \text{x in a,} \end{gathered}$$

und

$$\text{y in } 90° - \text{a}$$

verwandeln, wodurch man erhält

$$\left.\begin{aligned} X &= R \cos. a \\ Y &= R \sin. a \\ R^2 &= X^2 + Y^2 \end{aligned}\right\},$$

durch welche Gleichungen man je zwei von den vier Gr… X, Y, R und a finden wird, wenn die zwei andern g… sind.

Wie man aber, nach dem Vorhergehenden, jede Kra… in zwei andere unter einander senkrechte Kräfte X und Y … legen kann, welche letztere durch die Seitenlinien eines Re… ecks vorgestellt werden, dessen Diagonale jene mittlere Kra… ist, so wird man auch jede solche Kraft R in drei andere … sich senkrechte Kräfte X, Y und Z zerlegen können, w… letztere durch die Kanten eines rechtwinkligen Parallelepi… dums vorgestellt werden, dessen Diagonale wieder jene mit… Kraft R ist. Man denke sich nämlich dieses Parallelepipe… über den drei Axen der unter sich senkrechten Coordin… x, y und z construirt, und schneide dasselbe durch eine Eb… die durch die Diagonale und durch die Axe der z geht, … senkrecht auf der coordinirten Ebene der xy steht. Di… Schnitt wird die Gestalt eines Parallelogramms haben, d… eine Seite Z in der Axe der z liegt, während die andere … Diagonale des das Parallelepipedum in der Ebene der xy b…

en Parallelogramms ist. Diese Diagonale läfst sich ch dem Vorhergehenden, wieder in die zwei Seiten- und Y auflösen, die durch die beiden Seiten des er- Parallelogramms dargestellt werden und von denen r Axe der x und Y in der Coordinatenaxe der y liegt, demnach die so bestimmten Linien X, Y und Z die drei ch senkrechten Seitenkräfte der mittleren Kraft R vor- Nennt man also a den Winkel der Kraft R mit der b mit der von Y und c mit der von Z, so hat man ichungen

$$X = R \text{ Cos. } a,$$
$$Y = R \text{ Cos } b,$$
$$Z = R \text{ Cos. } c$$

$$R^2 = X^2 + Y^2 + Z^2,$$

noch bemerkt werden mufs, dafs die drei Winkel a, b, c ganz von einander unabhängig sind, sondern dafs zwi- hnen die Gleichung besteht: $\text{Cos.}^2 a + \text{Cos.}^2 b + \text{Cos.}^2 c = 1$.

Winkelhebel

der allgemeinsten Bedeutung des Worts.

)as Vorhergehende enthält die Theorie des gebrochenen s oder des *Winkelhebels*, dieses Wort in der oben ge- en einfachsten Bedeutung desselben genommen, desjenigen ls nämlich, der aus zwei unter einem gegebenen Winkel ndenen geraden Linien besteht, an dessen äufsersten End- ten zwei gegebene Kräfte nach bestimmten Richtungen en, vorausgesetzt, dafs die Richtungen dieser Kräfte in bene jener beiden den Winkelhebel constituirenden geraden n liegen. Allein der Begriff eines gebrochenen Hebels läfst noch viel allgemeiner auffassen, und in dieser seiner all- insten Gestalt bildet die Theorie desselben eines der wich- en Probleme der Statik, ja man kann selbst sagen, dafs s Problem das ganze Gebiet der Statik in ihren vorzüg- ten Theilen umfafst. Es wird daher nicht unangemessen heinen, dasselbe hier etwas näher zu betrachten.

Das in Rede stehende Problem läfst sich auf folgende

Weise ausdrücken: *Von einer unbestimmten Anzahl von Körpern, die unter sich immer dieselben Entfernungen behalten, werde jeder durch mehrere Kräfte getrieben, deren Größe und Richtung gegeben ist; man suche die Bedingungen des Gleichgewichts dieses Systems von Körpern.*

Man kann sich diese Körper, die wir hier nur als körperliche Puncte, ohne Rücksicht auf ihre Gestalt, betrachten, z. B. in den verschiedenen Winkeln eines mannigfaltig verflochtenen Drahtgitters angebracht vorstellen, in welchen jede zwei nächste Körper verbindende Drahtstück unbiegsam und unausdehnbar, also in seiner Länge unveränderlich angenommen wird.

Beziehn wir nun die Lage dieser körperlichen Puncte, so wie die Richtungen der auf sie wirkenden Kräfte auf drei im Raume fixe, und unter sich rechtwinkelige Coordinatenaxen, die wir die Axen der x, der y und der z nennen wollen. Bezeichnen wir durch diese Größen x, y und z die diesen Axen parallelen Coordinaten des ersten jener körperlichen Puncte. Auf diesen ersten Punct M wirke die Kraft P in einer Richtung, die mit den drei Axen der x, y, z respective die Winkel α, β, γ bilde. Ebenso seyen für den zweiten körperlichen Punct M′ die seine Lage im Raume bestimmenden Coordinaten x′, y′, z′ und die auf ihn wirkende Kraft P′, deren Richtung mit den Axen der x, y, z die Winkel α', β', γ' bilde. Für einen dritten Körper M″ seyen die analogen Größen x″, y″, z″, P″ und α'', β'', γ'', und so fort für die übrigen, deren willkürliche Anzahl gleich N seyn mag.

Ehe wir aber die Bedingungen des Gleichgewichts dieses Systems von körperlichen Puncten suchen, wollen wir bemerken, dafs man jede einzelne dieser Kräfte P, P′, P″ . . . in drei andere auflösen kann, die respective den Axen der x, y, z parallel seyn werden. Auf diese Weise wird nämlich die Kraft P in drei andere

$$\begin{aligned} &P\cos.\alpha \text{ nach der Richtung der } x,\\ &P\cos.\beta \text{ — — — — } y,\\ &P\cos.\gamma \text{ — — — — } z, \end{aligned}$$

und ebenso wird die Kraft P in drei andere $P'\cos.\alpha'$, $P'\cos.\beta'$, $P'\cos.\gamma'$ nach denselben drei Richtungen zerfallen, und so fort.

lie übrigen. Nimmt man daher die Gröfsen X, Y, Z so an, man hat

$$\begin{aligned} &= P\,\mathrm{Cos}.\alpha + P'\,\mathrm{Cos}.\alpha' + P''\,\mathrm{Cos}.\alpha'' + \ldots = \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha,\\ &= P\,\mathrm{Cos}.\beta + P'\,\mathrm{Cos}.\beta' + P''\,\mathrm{Cos}.\beta'' + \ldots = \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta,\\ &= P\,\mathrm{Cos}.\gamma + P'\,\mathrm{Cos}.\gamma' + P''\,\mathrm{Cos}.\gamma'' + \ldots = \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma, \end{aligned}$$

ann man sagen, dafs die einzelnen Puncte dieses Systems von drei Arten von Kräften afficirt werden, nämlich von drei Kräften

$=X+X'+X''+..;\ \Sigma Y=Y+Y'+Y''+..;\ \Sigma Z=Z+Z'+Z''+..,$

a Richtungen respective mit den Axen der x, y und z pa- l sind.

Wenn nun das System in Folge der auf dasselbe einwir- len Kräfte P, P', P''... im Gleichgewichte, in Ruhe ver- ıen soll, so darf es durch jene Kräfte weder eine pro- sive Bewegung im Raume, noch auch eine rotatorische egung um einen seiner Puncte erhalten. Die Erfüllung er zwei Bedingungen wird aber durch die Gleichungen edrückt, die wir bereits oben[1] aufgestellt haben. Man nämlich, da die a. a. O. eingeführte Bezeichnung mit der nwärtigen übereinstimmt, für das Gleichgewicht der pro- siven Bewegung

$$\left.\begin{aligned} H &= \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha = 0\\ I &= \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta = 0\\ K &= \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma = 0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad (I)$$

für das Gleichgewicht der rotatorischen Bewegung

$$\left.\begin{aligned} L &= \Sigma.P\,(x\,\mathrm{Cos}.\beta - y\,\mathrm{Cos}.\alpha) = 0\\ M &= \Sigma.P\,(z\,\mathrm{Cos}.\alpha - x\,\mathrm{Cos}.\gamma) = 0\\ N &= \Sigma.P\,(y\,\mathrm{Cos}.\gamma - z\,\mathrm{Cos}.\beta) = 0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad (II)$$

tels der oben aufgestellten Werthe von X, Y und Z lassen i diese sechs Gleichungen noch einfacher darstellen. Es l nämlich auch die drei ersten Gleichungen (I)

$$\left.\begin{aligned} H &= \Sigma.X = 0\\ I &= \Sigma.Y = 0\\ K &= \Sigma.Z = 0 \end{aligned}\right\}$$

1 S. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1534.

und ebenso die drei letzten (II)

$$\left.\begin{aligned} L &= \Sigma.(Yx - Xy) = 0 \\ M &= \Sigma.(Xz - Zx) = 0 \\ N &= \Sigma.(Zy - Yz) = 0 \end{aligned}\right\},$$

wo die Zeichen H, I, K und L, M, N, der Kürze wegen gleichsam als die *Benennungen* dieser sechs Gleichungen eingeführt sind.

A. Allgemeine Bemerkungen über diese Gleichungen.

1) Wenn die sämmtlichen körperlichen Puncte des Systems, so wie die Richtungen aller Kräfte, ohne parallel zu seyn, in einer und derselben Ebene liegen, so kann man dafür eine der drei coordinirten Ebenen, z. B. die der xz annehmen. Dann sind aber in den vorhergehenden Gleichungen alle γ gleich Null und alle β gleich $90°$, so wie $\gamma = 90° - \alpha$, $\gamma' = 90° - \alpha'$ u. s. f., so dafs daher jene sechs Gleichungen in die folgenden drei übergehn:

$$\left.\begin{aligned} H &= \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha = 0 \\ K &= \Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha = 0 \\ M &= \Sigma.P(z\,\mathrm{Cos.}\,\alpha - x\,\mathrm{Sin.}\,\alpha) = 0 \end{aligned}\right\}.$$

2) Wenn die Richtungen aller Kräfte P, P', P''... in einen und denselben Punct zusammenlaufen, so sind, wenn man diesen Punct als Anfangspunct der Coordinaten betrachtet, die Gröfsen x, y, z ... den Cosinus der Winkel α, β, γ... proportional, und man hat

$$\frac{x}{y} = \frac{\mathrm{Cos.}\,\alpha}{\mathrm{Cos.}\,\beta}; \quad \frac{x}{z} = \frac{\mathrm{Cos.}\,\alpha}{\mathrm{Cos.}\,\gamma} \text{ u. s. w.},$$

das heifst, es ist

$$x\,\mathrm{Cos.}\,\beta - y\,\mathrm{Cos.}\,\alpha = 0; \quad z\,\mathrm{Cos.}\,\alpha - x\,\mathrm{Cos.}\,\gamma = 0 \text{ u. s. w.}$$

so dafs daher die drei letzten Gleichungen L, M, N ganz wegfallen. Man hat daher für das Gleichgewicht eines einzigen Punctes, der unter der Wirkung einer willkürlichen Anzahl von Kräften P, P', P'' ... steht, blofs die drei Gleichungen H, I und K, oder

$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha = 0; \quad \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\beta = 0; \quad \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\gamma = 0.$$

3) Sind die Richtungen aller Kräfte unter sich parallel, aber erschiedenen Ebenen, so kann man für die gemeinschaftli- Richtung aller Kräfte eine der drei Coordinatenaxen, z. B. Axe der z nehmen. Dann ist aber $\gamma = 0$ und $\alpha = \beta = 90°$. diesen Fall gehn also die drei Gleichungen (I) in die fol- e einzelne über:

$$K = 0 \text{ oder } \Sigma.P = 0 \text{ oder } P + P' + P'' + \ldots = 0,$$

end die drei Gleichungen (II) nur die folgenden zwei n:

$$= 0 \text{ oder } \Sigma.Px = 0 \text{ oder } Px + P'x' + P''x'' + \ldots = 0,$$
$$= 0 \text{ oder } \Sigma.Py = 0 \text{ oder } Py + P'y' + P''y'' + \ldots = 0.$$

4) Liegen endlich die sämmtlichen mit der Axe der z pa- len Kräfte in einer und derselben Ebene, wofür man die ne der xz wählen kann, so ist $\gamma = 0$ und $\alpha = \beta = 90°$ überdiefs $y = 0$, so dafs daher jene sechs Gleichungen (I) (II) schon durch die folgenden zwei ersetzt werden:

$$\left.\begin{array}{l} \Sigma.P = 0 \\ \Sigma.Px = 0 \end{array}\right\}.$$

Herstellung des gestörten Gleichgewichts.

Wenn aber die Kräfte P, P', P'' ... nicht im Stande sind, System der körperlichen Puncte im Gleichgewichte zu er- en, so wird man doch die *Resultante* aller dieser Kräfte nen können, wenn nämlich eine solche bei den gegebenen ften überhaupt möglich ist. Kennt man dann die Gröfse die Richtung dieser Resultante, so wird *sie selbst* es seyn, in verkehrter Richtung an das System angebracht, dasselbe Verbindung mit den andern gegebenen Kräften P, P', P'' ... Gleichgewichte halten, die also das gesuchte Gleichgewicht Systems herstellen kann. Nennt man R die Gröfse dieser ultante, dieselbe als eine positive Gröfse betrachtet[1], sind

1 Auch die andern Kräfte P, P', P'' ... werden hier durchaus als tive Gröfsen betrachtet, da die Fälle, wo sie als negative Gröfsen en, schon durch die Factoren Cos. α, Cos. β, Cos. γ berücksich- werden. Blofs bei parallelen Richtungen der Kräfte unterscheidet die auf- und abwärts wirkenden Kräfte durch + und —.

ferner A, B, C die Winkel, welche ihre Richtung mit den Axen der x, y, z bildet, und bezeichnet man endlich durch X, Y, Z die analogen Coordinaten des Angriffspuncts einer Kraft R (welcher Angriffspunct irgendwo in der Richtung der Kraft R selbst liegen mufs), so wird das Gleichgewicht des Systems hergestellt seyn, wenn die sechs Gleichungen (I) und (II) bestehn, vorausgesetzt, dafs man den Kräften P, P', P''... noch die Kraft R in entgegengesetzter Richtung hinzufügt, so dafs z. B. die erste jener Gleichungen (II) in folgende übergeht:

$$-R\,\mathrm{Cos.}\,A + P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha + P'\,\mathrm{Cos.}\,\alpha' + P''\,\mathrm{Cos.}\,\alpha'' + \ldots = 0.$$

oder kürzer ausgedrückt

$$\text{und ebenso } \ldots \left.\begin{aligned} H &= R\,\mathrm{Cos.}\,A \\ I &= R\,\mathrm{Cos.}\,B \\ K &= R\,\mathrm{Cos.}\,C \end{aligned}\right\} \ldots \quad \text{(III)}$$

Ganz auf dieselbe Weise wird man auch für die drei andern Gleichungen (II) erhalten

$$\left.\begin{aligned} L &= R(X\,\mathrm{Cos.}\,B - Y\,\mathrm{Cos.}\,A) \\ M &= R(Z\,\mathrm{Cos.}\,A - X\,\mathrm{Cos.}\,C) \\ N &= R(Y\,\mathrm{Cos.}\,C - Z\,\mathrm{Cos.}\,B) \end{aligned}\right\} \ldots \quad \text{(IV)}$$

und statt der drei letzten wird man auch, wenn die Gleichungen (I') dabei berücksichtigt werden, die drei folgenden substituiren können:

$$\left.\begin{aligned} HY - IX + L &= 0 \\ KX - HZ + M &= 0 \\ IZ - KY + N &= 0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad \text{(V)}$$

so dafs also diese sechs Gleichungen (III) und (V) bestehn müssen, wenn zwischen den Kräften P, P', P''... und R Gleichgewicht bestehn soll. Da die Coordinaten X, Y, Z irgend einem Puncte der Geraden angehören können, nach welchem die Resultante R wirkt, so sind die Gleichungen (V) die der Projection dieser Geraden in den drei coordinirten Ebenen. Wenn daher diese Gerade in der That existiren soll, so müssen sich diese drei Gleichungen auf zwei zurückbringen lassen, oder es mufs zwischen den constanten Gröfsen dieser drei Gleichungen irgend eine Bedingungsgleichung bestehn. Multiplicirt

aber die erste durch K, die zweite durch I und die dritte
h H, so giebt die Summe dieser Producte

$$KL + IM + HN = 0 \ldots \text{(VI)}$$

dieses ist daher die Bedingungsgleichung, die statt haben
, wenn die auf das System wirkenden Kräfte, ohne eben
:hgewicht hervorzubringen, doch wenigstens eine einzige
ltante haben sollen. Hat diese Gleichung (VI) statt, so
man die Gröfse dieser Resultante R durch den Ausdruck

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2} \ldots \text{(VII)}$$

die Richtung derselben durch die drei obigen Gleichungen
, das heifst durch

$$\left.\begin{aligned} \text{Cos. A} &= \frac{\Sigma . P \text{ Cos. } \alpha}{R} \\ \text{Cos. B} &= \frac{\Sigma . P \text{ Cos. } \beta}{R} \\ \text{Cos. C} &= \frac{\Sigma . P \text{ Cos. } \gamma}{R} \end{aligned}\right\} \ldots \text{(VIII)}$$

lten. Findet die Bedingungsgleichung (III) statt, so wer-
die Gröfsen X, Y, Z unter der unbestimmten Form $\frac{0}{0}$ er-
einen, zum Zeichen, dafs diese Resultante, wie überhaupt
: Kraft, in jedem willkürlichen Puncte ihrer Richtung an-
racht werden kann.

Setzt man, unter der Voraussetzung, dafs die Gleichung
) besteht, in den Gleichungen (V) die Gröfse $X = 0$, so fin-
man die Coordinaten Y und Z des Punctes, in welchem
verlängerte Richtung der Resultante die coordinirte Ebene
yz schneidet. Diese Coordinaten sind

$$Y = -\frac{L}{H} \text{ und } Z = +\frac{M}{H}.$$

nso findet man für die Coordinaten des Punctes, in welchem
Resultante die Ebene der xz schneidet,

$$X = +\frac{L}{I} \text{ und } Z = -\frac{N}{I}$$

endlich für den Durchschnittspunct derselben mit der Ebene
xy

$$X = -\frac{M}{K} \text{ und } Y = +\frac{N}{K}.$$

Sind die drei Gröfsen H, I und K schon jede für sich gleich Null, so besteht wohl die Gleichung (VI) auch jetzt noch, aber dann sind, wie die so eben angeführten Werthe von X, Y und Z zeigen, die Durchschnittspuncte der Richtung dieser Resultante mit den drei coordinirten Ebenen alle unendlich weit von dem Anfangspuncte der Coordinaten entfernt, so dafs also die Annahme einer einzigen Resultante für diesen Fall unstatthaft wird. Sind aber die andern drei Gröfsen L, M und N jede für sich gleich Null, so wird auch dadurch der Gleichung (VI) genug gethan, oder die auf das System wirkenden Kräfte haben eine einzige Resultante, die, wie die Gleichungen (V) zeigen, zugleich durch den Anfangspunct der Coordinaten geht, weil die constanten Gröfsen dieser Gleichungen verschwinden.

C. Gleichgewicht des in einem Puncte festen Systems.

Das Vorhergehende bezieht sich blofs auf die ganz *freien* Systeme körperlicher Puncte, d. h. auf solche, die durch keine äufseren Nebenbedingungen beschränkt sind. Nehmen wir nun an, dafs das System in irgend einem seiner Puncte *fest* ist, und es sey zugleich dieser Punct der Anfangspunct der Coordinaten. Diese Voraussetzung hebt also jede progressive Bewegung des Systems sofort auf, so dafs also die drei Gleichungen (I), als überflüssig, ganz wegfallen, und nur noch die drei Gleichungen (II) bestehn, nämlich

$$L = 0, \quad M = 0 \text{ und } N = 0.$$

In der That kann ein in einem Puncte festes System nur noch eine um diesen Punct sich *drehende* Bewegung annehmen, und diese ist es, welche durch die drei letzten Gleichungen aufgehoben wird. Auch zeigen diese drei Gleichungen (nach dem was in (B) gesagt worden ist), dafs in diesem Falle die auf das System wirkenden Kräfte P, P′, P″ ... immer eine einzige Resultante haben, deren Richtung durch den Anfangspunct, also durch jenen festen Punct des Systems geht. Aber dieser feste Punct wird durch die Wirkungen jener Kräfte einen gewissen Druck R erfahren, dessen Gröfse

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2},$$

l dessen Richtung wieder durch die drei Gleichungen (VIII) immt werden wird. Ist dieser Druck R gleich Null, so ist erste Punct unnöthig, obschon nicht hinderlich, für das n stattfindende *freie* System.

1) Wenn für einen speciellen Fall alle Puncte des Sy- ns, so wie alle Richtungen der Kräfte P, P′, P″... in ei- Ebene, z. B. in der Ebene der xz liegen, so hat man, da $= 90° - \alpha$ ist, blofs die Gleichung $M = 0$ oder

$$\Sigma . P(z \operatorname{Cos}.\alpha - x \operatorname{Sin}.\alpha) = 0,$$

l der Druck R dieser Kräfte auf den festen Punct ist

$$R = \sqrt{(\Sigma . P \operatorname{Cos}.\alpha)^2 + (\Sigma . P \operatorname{Sin}.\alpha)^2},$$

l wenn A der Winkel der Richtung dieses Druckes mit der e der x ist, so hat man

$$\operatorname{Sin}.A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Sin}.\alpha}{R} \text{ und } \operatorname{Cos}.A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Cos}.\alpha}{R}.$$

gen überdiefs alle körperliche Puncte des Systems in einer aden Linie, für welche wir die Axe der x annehmen, so hat n $z = 0$, und daher für das Gleichgewicht des Systems die zige Bedingungsgleichung

$$\Sigma . P x \operatorname{Sin}.\alpha = 0$$

d für den Druck in der Richtung der Axe der x den Aus- ck

$$R = \Sigma . P \operatorname{Cos}.\alpha .$$

2) Sind endlich die Richtungen der Kräfte alle der Axe z parallel, übrigens diese Richtungen sowohl, als auch die rperlichen Puncte des Systems selbst in verschiedenen Ebe- n oder überhaupt im Raume willkürlich vertheilt, so hat n, da $\gamma = 0$ und $\beta = \alpha = 90°$ ist, für das Gleichgewicht s Systems nur die zwei Bedingungsgleichungen

$$\Sigma . P x = 0 \text{ und } \Sigma . P y = 0,$$

d für den Druck

$$R = \Sigma . P = P + P' + P'' + \ldots$$

egen endlich diese der Axe der z parallelen Kräfte, so wie ch die körperlichen Puncte des Systems, alle in der Ebene r xz, so hat man blofs die einzige Gleichung

$$\Sigma.Px=0,$$

und für den Druck

$$R=\Sigma.P,$$

wie zuvor.

D. Gleichgewicht des in zwei Puncten festen Systems.

Wenn in dem gegebenen Systeme zwei Puncte fest sind, so wird dadurch erstens, wie in (C), alle progressive Bewegung des Systems aufgehoben, aber auch von den rotirenden Bewegungen kann jetzt nur noch diejenige bestehn, welche diejenige Gerade, die durch jene zwei Puncte geht, zu ihrer Rotationsaxe hat. Nimmt man also diese Rotationsaxe für die Axe der z, so werden in den Gleichungen (l) die Gröfsen H, K von selbst verschwinden, da das System, wie gesagt, keine progressive Bewegung mehr haben kann. Aber auch die Gröfsen M und N werden verschwinden, da, wegen der beiden festen Puncte, alle Rotation um die Axen der y und der x unmöglich geworden ist. Es bleibt daher als Bedingung des Gleichgewichts nur die einzige Gleichung

$$L=0 \text{ oder } \Sigma.P(x\,\mathrm{Cos}.\beta - y\,\mathrm{Cos}.\alpha)=0.$$

Hätte aber das System noch überdiefs die Freiheit, sich längs dieser Drehungsaxe der z auf und ab zu bewegen, so müfste, zur Herstellung des Gleichgewichts, auch noch die Summe der nach z zerlegten Seitenkräfte gleich Null seyn, oder man würde dann, für das Gleichgewicht die beiden Gleichungen haben

$$K=0 \text{ und } L=0.$$

Nehmen wir nun, zur bequemern Uebersicht, das Vorhergehende in seinen wesentlichsten Puncten kurz zusammen, so bei einem ganz freien Systeme von körperlichen Puncten, auf welche die Kräfte P, P', P''... wirken, hat man für das Gleichgewicht der progressiven Bewegung die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} H&=\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha=0\\ I&=\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta=0\\ K&=\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma=0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad (l)$$

für das Gleichgewicht der rotatorischen Bewegung

$$\left.\begin{aligned} L &= \Sigma.P(x\,\mathrm{Cos.}\beta - y\,\mathrm{Cos.}\alpha) \\ M &= \Sigma.P(z\,\mathrm{Cos.}\alpha - x\,\mathrm{Cos.}\gamma) \\ N &= \Sigma.P(y\,\mathrm{Cos.}\gamma - z\,\mathrm{Cos.}\beta) \end{aligned}\right\} \ldots \quad (II)$$

ıt aber das System unter der Einwirkung dieser Kräfte ', P''... nicht im Gleichgewichte, sσ sey + R die Resul– e aller dieser Kräfte, also — R die dieser Resultante äqui– ente Kraft, welche den sämmtlichen Kräften P, P', P''... Gleichgewicht hält, so dafs also dann das System unter Wirkung der Kräfte P P', P''... und — R im Gleichge– hte seyn wird.

Wenn eine solche äquipollente Kraft — R in der That tirt, so mufs die Bedingungsgleichung

$$KL + IM + HN = 0 \ldots \quad (VI)$$

: haben, und dann hat man für die Gröfse dieser Aequi– ente

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2} \ldots \quad (VII)$$

für die Richtung derselben, oder für die Winkel A, B, C, che diese Richtung mit den Axen der drei Coordinaten der y, z bildet,

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{Cos.}\,A &= \frac{H}{R} \\ \mathrm{Cos.}\,B &= \frac{I}{R} \\ \mathrm{Cos.}\,C &= \frac{K}{R} \end{aligned}\right\} \ldots \quad (VIII)$$

ei also immer, wie in den obigen Gleichungen (I), $= \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\alpha$, $I = \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\beta$ und $K = \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\gamma$ ist. Da– ch ist also die *Gröfse* und die *Richtung* der gesuchten Ae– pollente — R gegeben. Um endlich auch den Ort dieser htung oder den Ort der geraden, diese Richtung bezeich– den Linie zu finden, hat man die obigen Gleichungen (V), ılich

$$\left.\begin{aligned} HY - IX + L &= 0 \\ KX - HZ + M &= 0 \\ IZ - KY + N &= 0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad (V)$$

oder, was dasselbe ist, wenn man die Werthe von H, I und K aus den letzten Gleichungen (VIII) substituirt,

$$\left.\begin{aligned} R(Y\,\mathrm{Cos.}\,A - X\,\mathrm{Cos.}\,B) + L &= 0 \\ R(X\,\mathrm{Cos.}\,C - Z\,\mathrm{Cos.}\,A) + M &= 0 \\ R(Z\,\mathrm{Cos.}\,B - Y\,\mathrm{Cos.}\,C) + N &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (V)$$

Setzt man nämlich in diesen Gleichungen (V) z. B. die Größe $Z = 0$, so findet man die zwei Coordinaten X und Y derjenigen Puncts dieser geraden Linie, in welchen sie die Ebene der xy schneidet, und so fort für die beiden andern coordinirten Ebenen.

Ist aber das System nicht frei, sondern in einem seiner Puncte fest, so hat man, wenn man diesen Punct zum Anfangspunct der Coordinaten wählt, für das Gleichgewicht des Systems blofs die drei Gleichungen (II), nämlich

$$L = 0, \quad M = 0 \text{ und } N = 0 \quad \ldots \quad (IX)$$

Für den Druck R auf den festen Punct hat man noch die Gleichung (VII)

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2} \quad \ldots \quad (X)$$

und die Richtung dieses Drucks wird durch die drei Gleichungen (VIII) gegeben.

Ist endlich das System in *zwei* Puncten fest, und nimmt man die Gerade durch diese zwei Puncte für die Axe der z, d. h. also zugleich die einzig mögliche Rotationsaxe des Systems ist, so bleibt von den sechs Gleichungen (I) und (II) blofs die vierte übrig, oder die Bedingungsgleichung des Gleichgewichts ist

$$L = \Sigma_i P(x\,\mathrm{Cos.}\,\beta - y\,\mathrm{Cos.}\,\alpha) = 0 \quad \ldots \quad (XI)$$

Liegen die beiden festen Puncte in der Axe der y, so hat man für das Gleichgewicht die einzige Gleichung $L = 0$, und wenn endlich die Rotationsaxe in die Axe der x fällt, so hat man die einzige Gleichung $N = 0$.

Die vorhergehenden Ausdrücke werden uns nun in den Stand setzen, das wichtige Problem von dem *gebrochenen Hebel* auf eine viel allgemeinere Weise, als im Eingange dieser Artikels mit blofsen Elementarbegriffen geschehn konnte, zu betrachten.

E. Winkelhebel

der Gestalt eines körperlichen Gitters, unter willkürlichen Kräften.

Denken wir uns ein Gitter von unbiegsamen Drähten ge-
hten, z. B. in der Gestalt einer abgestumpften vierseitigen
amide A C $\beta\delta$. In den Durchkreuzungspuncten A, B, C... Fig.
, c... α, β, γ... der Drahtstäbe seyen die körperlichen 234.
ıcte des hier zu betrachtenden Systems befestigt. Auf den
en dieser Durchkreuzungspuncte A sey die Kraft AP = P
ebracht, und zwar in einer Richtung AP, die mit den Axen
, OY, OZ der Coordinaten die Winkel α, β, γ bildet.
drei diesen Axen parallelen Coordinaten dieses ersten Pun-
seyen OM = x, MN = y und NA = z. Ebenso wirke auf
en zweiten Punct B des Gitters die Kraft BP' = P' unter
Richtung BP', die mit jenen Axen die Winkel α', β', γ'
let, und der Ort B dieses Punctes werde durch die drei
krechten Coordinaten OM' = x', M'N' = y' und N'B = z'
timmt; für einen dritten Punct C seyen dieselben Gröfsen
, α'', β'', γ'' und x'', y'', z'', und so fort für alle übri-
ı Puncte des erwähnten Gitters. Werden nun die Draht-
be des Gitters, wie gesagt, als unbiegsam und unausdehn-
angesehn, so dafs die einzelnen körperlichen Puncte des
stems immer dieselbe Entfernung unter einander behalten sol-
, so geben die letzten Gleichungen des vorhergehenden Ab-
ınittes (D) die Auflösung der verschiedenen Probleme, die
ın über das Gleichgewicht eines solchen körperlichen Sy-
ms unter der Einwirkung der genannten Kräfte aufstellen
nn.

Nehmen wir an, dafs die Richtungen aller dieser Kräfte
, P', P''... mit der coordinirten Ebene der xz parallel sind,
ährend übrigens jede dieser Richtungen einen willkürlichen
inkel mit der Axe der x oder der z bildet. Für diesen
ch immer sehr allgemeinen Fall sind also die Körper des
stems nach allen Seiten im Raume vertheilt und jeder der-
lben wird, in Beziehung auf seinen Ort im Raume, durch
e drei senkrechten Coordinaten x, y, z oder x', y', z' oder
', y'', z'' u. s. w. bestimmt; auf diese Körper wirken
räfte P, P', P'' . . ., deren Richtungen zwar in verschiedenen

Ebenen, jedoch so liegen, dafs alle diese Ebenen jener der xz parallel sind. Unter dieser Voraussetzung sind also in den vorhergehenden allgemeinen Ausdrücken alle Winkel β gleich 90° und alle $\gamma = 90° - \alpha$ zu setzen, und es entstehn nun folgende Probleme.

Wenn dieses System blofs den erwähnten Kräften überlassen und frei in den Raum hingestellt wird, so wird dasselbe, in Folge der Einwirkung dieser Kräfte, nur dann im Gleichgewichte oder auf der ihm angewiesenen Stelle in Ruhe verbleiben, wenn folgende Gleichungen (die obigen 6 Gleichungen (I) und (II), die sich hier auf 5 reduciren) statt haben:

$$H = \Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha = 0, \quad L = -\Sigma . P y \operatorname{Cos.} \alpha = 0$$
$$K = \Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha = 0, \quad N = +\Sigma . P y \operatorname{Sin.} \alpha = 0$$
$$M = \Sigma . P (z \operatorname{Cos.} \alpha - x \operatorname{Sin.} \alpha) = 0 .$$

Wenn aber dieses System in Folge der auf dasselbe einwirkenden Kräfte nicht im Gleichgewichte steht, so wird man doch vielleicht in einem gewissen Puncte dieses Systems eine Resultante $+R$ unter einer bestimmten Richtung anbringen, die allen jenen Kräften P, P′, P″ ... das Gleichgewicht hält, so das also das System unter der Einwirkung der Kräfte

$$P, P', P'' \ldots \text{ und } -R$$

im Gleichgewichte seyn wird. Eine solche Resultante ist aber nur dann möglich, wenn die obige Gleichung (VI), das heifst, da hier $I = 0$ ist, wenn die Gleichung

$$\frac{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha}{\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha} = \frac{\Sigma . P y \operatorname{Sin.} \alpha}{\Sigma . P y \operatorname{Cos.} \alpha}$$

statt findet. Ist dieses der Fall, so ist die Gröfse R dieser Resultante (man s. Gleichung VII)

$$R = \sqrt{(\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha)^2 + (\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha)^2}$$

und die Lage dieser mittleren Kraft wird nach den Gleichungen (VIII) durch die Ausdrücke gegeben:

$$\operatorname{Sin.} A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha}{R} \text{ oder } \operatorname{Cos.} A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha}{R},$$

wo A und 90° — A der Winkel ist, den diese Resultante mit der Axe der x und der y bildet.

Um endlich noch die drei Coordinaten X, Y und Z ir- l eines in der Richtung dieser Resultante liegenden Punctes inden, so hat man vermöge der Gleichungen (V)

$$\Sigma . P y \cos. \alpha - R Y \cos. A = 0,$$
$$\Sigma . P y \sin. \alpha - R Y \sin. A = 0,$$
$$\Sigma . P (z \cos. \alpha - x \sin. \alpha) - R (Z \cos. A - X \sin A) = 0.$$

t man z. B. in diesen drei Gleichungen die Gröfse $Z = 0$, erhält man die beiden Coordinaten X und Y desjenigen ctes, in welchem die Richtung jener Resultante die coordi- e Ebene der xy schneidet.

Alles Vorhergehende gilt, wie gesagt, für ein ganz freies tem von Körpern, auf die nämlich keine andere äufsere ft (als die erwähnten P, P', P''...) und auch sonst kein eres Hindernifs einwirkt. Nehmen wir aber jetzt an, dafs System in irgend einem seiner Puncte *fest* ist, so dafs also urch seine frühere freie progressive Bewegung im Raume z verloren geht, und dafs auch seine frühere freie rotatori- e Bewegung jetzt blofs auf eine Rotation um diesen festen ict beschränkt wird. Nimmt man diesen festen Punct, der fsern Einfachheit wegen, ohne dadurch die Allgemeinheit Aufgabe zu beschränken, zugleich für den Anfangspunct Coordinaten, so erhält man (nach den Gleichungen IX X)

$$\left.\begin{aligned} \Sigma . P y \cos. \alpha &= 0 \\ \Sigma . P y \sin. \alpha &= 0 \\ \Sigma . P (z \cos. \alpha - x \sin. \alpha) &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

endlich das System in zwei Puncten fest, und nimmt man e zwei Puncte in der Axe der x, die demnach zugleich einzig mögliche Drehungsaxe des Systems ist, so hat man ichung XI) für das Gleichgewicht die einzige Gleichung

$$\Sigma . P y \sin. \alpha = 0.$$

t die Rotationsaxe in die Axe der z, so wird diese Glei- ng

$$\Sigma . P y \cos. \alpha = 0,$$

wenn sie in die Axe der y fällt,

$$\Sigma . P (z \cos. \alpha - x \sin. \alpha) = 0.$$

F. Winkelhebel

in der Gestalt eines körperlichen Gitters, statt: der Einwirkung der Schwere.

Lassen wir nun auf dasselbe System körperlicher Puncte, Fig. 234. die wie z. B. in der Zeichnung im Raume willkürlich verteilt sind, blofs die *Schwere* als eine constante Kraft nach der senkrechten Richtung der Axe der z einwirken, so wird man in den Gleichungen (I) und (II) alle Winkel α und β gleich 90 Graden, und alle Winkel γ gleich Null setzen, so dafs dann die sechs Gleichungen in die folgenden drei übergehn:

$$\left.\begin{aligned} K &= 0 \\ M &= 0 \\ N &= 0 \end{aligned}\right\},$$

die jetzt folgende Gestalt annehmen:

$$\left.\begin{aligned} K &= 0 \text{ oder } \Sigma.P &&= 0 \\ M &= 0 \text{ oder } \Sigma.Px &&= 0 \\ N &= 0 \text{ oder } \Sigma.Py &&= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Wenn also diese drei Gleichungen statt haben, so wird das System der körperlichen Puncte, wo man es auch immer im freien Raume der Wirkung der Schwere aussetzt, im Gleichgewicht oder in Ruhe bleiben, ohne weder eine progressive noch eine rotatorische Bewegung anzunehmen. Es versteht sich dabei von selbst, dafs wenigstens einer dieser Puncte von der Schwere aufwärts, über die horizontale Ebene der xy hinauf gezogen werde (was z. B. mittelst einer über eine Rolle gehenden und mit einem Gewichte beschwerten Schnur geschehn kann), während die übrigen Puncte abwärts, unter die Ebene xy, gezogen werden. Man wird sich nämlich die verschiedenen Puncte des Systems mit verschiedenen Gewichten beschwert denken, von denen alle diejenigen, welche ihren Punct abwärts ziehn, positiv und die, welche ihn über die Ebene der xy zu erheben suchen, negativ genommen werden müssen.

Steht aber das System unter der Wirkung dieser Gewichte nicht im Gleichgewicht, so mufs zuerst untersucht werden, ob sich alle diese Kräfte oder Gewichte auf ein einziges, ihnen

pollentes R reduciren lassen, das heifst, ob die Gleichung
besteht. Da aber für unseren Fall $\alpha = \alpha' = \alpha'' \ldots = 90°$
ebenso $\beta = \beta' = \beta'' \ldots = 90°$ und endlich $\gamma = \gamma' = \gamma'' \ldots$
Null ist, so verschwinden die drei Zeichen H, I und L
selbst, und die Bedingungsgleichung (VI) hat daher statt.
giebt also eine solche Aequipollente R, und die Gröfse der-
en wird durch die Gleichung (VII) oder durch

$$R = \Sigma . P$$

ben. Damit geben aber die Gleichungen (VIII), da H = I
Null und $K = \Sigma . P$ oder K = R ist,

$$A = B = 90°$$

$$C = 0,$$

durch also die *Richtung* dieser Aequipollente bestimmt wird.
n sieht, dafs diese Richtung ebenfalls mit der Axe der z,
die Richtungen aller übrigen Kräfte, parallel ist. Für den
dieser Aequipollente endlich hat man (nach den Gleichun-
V)

$$X = \frac{\Sigma . Px}{R},$$

$$Y = \frac{\Sigma . Py}{R}.$$

das System unter der Wirkung der Kräfte P, P', P''...
einem Puncte, dem Anfangspuncte der Coordinaten fest, so
en die Gleichungen (IX) und (X) $R = \Sigma . P$ für den Druck
diesen Punct, und für das Gleichgewicht um diesen
ıct

$$\left.\begin{aligned} \Sigma . Px &= 0 \\ \Sigma . Py &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

d aber zwei Puncte in der Axe der x fest, so hat man
h der Gleichung (XI) für das Gleichgewicht die einzige Glei-
ıng

$$\Sigma . Py = 0.$$

rch diese letzten Ausdrücke wird also z. B. das Gleichge-
ht eines ebenen Tisches gefunden, der an verschiedenen
ıcten mit gegebenen Gewichten P, P', P''... beschwert ist,
alle in einer auf den Tisch senkrechten Richtung densel-
ı zu bewegen streben, wo der Tisch, der selbst hier ohne

Schwere angenommen wird, die Ebene der xy vorstellt, ferner auf ihn jene Gewichte in der Richtung der z wirken, so sind x, y im Horizonte liegend und z die auf den Horizont vertikale Richtung bezeichnet. Da aber der Angriffspunkt der Kraft bekanntlich in jedem Puncte der Richtung dieser Kraft angebracht werden kann, so können auch diese Gewichte unterhalb jenes Tisches, über und unter demselben, angebracht werden, ohne dass dadurch die obigen Ausdrücke eine Aenderung erleiden, da sie, wie man sieht, von der Grösse z ganz unabhängig sind. Diese Formeln gelten also auch für ein System von Körpern, die auf irgend eine Weise, wie z. B. in der Figur 233, im freien Raume vertheilt sind, wenn nur die an diese Körper angebrachten Richtungen alle der xy Fig. 234. parallel sind, so dass also z. B. die Richtung der auf P wirkenden Kraft nicht mehr, wie zuvor, in AP, sondern in AN, und die Richtung der auf B angebrachten Kraft nicht mehr in BP', sondern in BN' liegt u. s. w.

In diesem Abschnitte ist daher die wichtige Aufgabe von dem gebrochenen Hebel auf eine sehr allgemeine Weise gelöst worden. Zur Erläuterung der gegebenen Formeln will wir noch folgendes einfache Beispiel hinzufügen.

Seyen die Coordinaten der Puncte x und y eines horizontalen Tisches, auf welche die Gewichte P, P' ... in vertikalen Richtungen wirken, nach der Ordnung

Puncte	I	II	III	IV
$x=$	1	$x''=2$	$x'''=3$	$x^{IV}=4$
$y=$	1	$y''=-2$	$y'''=3$	$y^{IV}=-4$
$P=$	1 Pfund	$P'=2$	$P'''=3$	$P^{IV}=4$.

Da der Tisch unter der Wirkung dieser vier Gewichte nicht im Gleichgewichte stehn kann, wie denn auch keine einzige der drei vorhergehenden Gleichungen

$$\Sigma.P=0;\quad \Sigma.Px=0;\quad \Sigma.Py=0$$

Genüge geschieht, so hat man die Grösse, die Richtung und den Ort der Aequipollente R zu suchen, welche jenen vier Gewichten zusammen das Gleichgewicht hält.

Es ist aber

$$\Sigma.P = R = 10$$
$$\Sigma.Px = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$
$$\Sigma.Py = 1 - 4 + 9 - 16 = -10,$$

lafs man also für die Gröfse der Aequipollente $R' = -10$, für den Ort derselben in der Ebene des Tisches

$$X = \frac{30}{10} = 3,$$
$$Y = -\frac{10}{10} = -1$$

Die Richtung der Aequipollente aber ist, da $A = B = 90°$ $C = 0$ ist, ebenfalls senkrecht auf die Ebene des Tisches. Es d daher diese Ebene unter der Wirkung der fünf angezeig-, in den gegebenen Puncten angebrachten Gewichte

$P = 1$, $P = 2$, $P = 3$, $P = 4$ und $R = -10$ Pfunde

jedem Orte des freien Raums, wo dieses System hingestellt d, im Gleichgewichte schweben. In der That werden auch ch diese fünf Gewichte die obigen drei Gleichungen des ien Gleichgewichts gehörig dargestellt, indem man hat

$$\Sigma.P = 1 + 2 + 3 + 4 - 10 = 0$$
$$\Sigma.Px = 1 + 4 + 9 + 16 - 30 = 0$$
$$\Sigma.Py = 1 - 4 + 9 - 16 + 10 = 0,$$

es seyn soll.

Dieser gebrochene Hebel läfst sich durch eine Figur dar- Fig. llen, worin $AB = x$, $BC = y$ die zwei horizontalen und 235. $= z$ die verticale Coordinate des Körpers p, die Linie Pp Gröfse und Richtung der Kraft P vorstellt, und ebenso mit andern Gröfsen $AB' = x'$, $B'C' = y'$, $Cp' = z'$, $P'p' = P'$ s. w., so dafs die vier ersten Kräfte Pp, P′p′, P″p″ und p‴ die Körper abwärts oder zu der horizontalen Ebene der ordinaten x und y hinziehn, während die fünfte Kraft oder Aequipollente Rr diese Ebene aufwärts zu bewegen strebt d dadurch das ganze System im Gleichgewichte hält. Ganz nso hält aber auch jede einzelne dieser Kräfte, z. B. die aft $P' = P'p'$, die auf den Punct C′ des ebenen Tisches ht, die vier übrigen Kräfte im Gleichgewicht, oder P′ kann nso als die Aequipollente von den vier Kräften P′, P″, P‴ d R angesehn werden u. s. f.

G. Winkelhebel

in der Gestalt eines ebenen Netzes unter Kräften deren Richtungen einer gegebenen Ebene parallel sind.

Nehmen wir an, dafs alle körperliche Puncte des Systems in einer ebenen Tafel, in der Ebene der xy, liegen und dafs die übrigens willkürlichen Richtungen der auf jene Körper wirkenden Kräfte wieder der Ebene der xz parallel sind. Dieses ist z. B. der Fall, wenn ein horizontaler Tisch ABCD, der selbst ohne Schwere gedacht wird, in den gegebenen Puncten A, B ..... E, F ..... mit verschiedenen Gewichten belastet wird, deren Gröfse und Richtung durch die Linien $Aa = P$, $Bb = P'$, $Cc = P''$ ..... ausgedrückt wird, wo diese Linien gegebene Winkel unter sich bilden, jedoch alle der coordinirten Ebene der xz parallel sind. Da hier wieder alle β gleich $90°$ und alle $\gamma = 90° - \alpha$, überdiefs alle z gleich Null sind, so hat man für das Gleichgewicht eines ganz freien Systems die fünf Gleichungen:

Fig. 236.

$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha = 0 \qquad \Sigma.P\,x\,\mathrm{Sin.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha = 0 \qquad \Sigma.P\,y\,\mathrm{Sin.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.P\,y\,\mathrm{Cos.}\,\alpha = 0.$$

Ist aber das System unter der Wirkung dieser Kräfte P, P', P'' .. nicht im Gleichgewichte, so wird es doch eine einzige Resultante haben, wenn die Gleichung besteht

$$\frac{\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha}{\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha} = \frac{\Sigma.P\,y\,\mathrm{Cos.}\,\alpha}{\Sigma.P\,y\,\mathrm{Sin.}\,\alpha}.$$

Sind dann A und $90° - A$ die Winkel der Richtung dieser Resultante, und bezeichnet man durch R die Gröfse, so wie durch X und Y die Coordinaten irgend eines Punctes derselben, so hat man

$$R = \sqrt{(\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha)^2 + (\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha)^2}$$

und

$$\mathrm{Sin.}\,A = \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha}{R}, \quad \mathrm{Cos.}\,A = \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha}{R},$$

und endlich

$$X = \frac{\Sigma.P\,x\,\mathrm{Sin.}\,\alpha}{\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha}, \quad Y = \frac{\Sigma.P\,y\,\mathrm{Sin.}\,\alpha}{\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha}.$$

e aber das System in dem Anfangspuncte der Coordinaten so hat man für das Gleichgewicht des Systems blofs die Gleichungen

$$\Sigma.Py\,\text{Cos.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.Py\,\text{Sin.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.Px\,\text{Sin.}\,\alpha = 0.$$

s endlich in zwei Puncten fest und liegen diese Puncte :r Axe der x, so hat man für das Gleichgewicht blofs die ge Gleichung

$$\Sigma.Py\,\text{Sin.}\,\alpha = 0.$$

H. Winkelhebel,

die Körper und die Richtungen der auf sie wirkenden Kräfte alle in derselben Ebene liegen.

Nehmen wir dafür die Ebene der xz, also z. B. eine senk- te Tafel an (wo x horizontal und z vertical ist). Für die- Fall wird man in den vorhergehenden allgemeinen Glei- gen (Abschnitt D zu Ende) die Gröfsen $\beta = 90°$, $\gamma = 90° - \alpha$ überdiefs $y = 0$ setzen, so dafs man daher für die Bedin- en des Gleichgewichts eines solchen freien Systems die drei :hungen erhält:

$$\Sigma.P\,\text{Cos.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.P\,\text{Sin.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.P(z\,\text{Cos.}\,\alpha - x\,\text{Sin.}\,\alpha) = 0,$$

lann die einzelnen Richtungen der Kräfte alle in der Ebene t z liegen, aber mit der Axe der x oder der z verschiedene kel bilden. Dieses Problem enthält die Theorie des Win- bels, wie er bisher in seiner allgemeineren Bedeutung ge- nen zu werden pflegte. Man denkt sich nämlich die kör- :hen Puncte A, A′, A″... durch mehrere gerade, unbieg- Fig. Linien AA′, A′A″, A″A‴... unter einander verbunden 237. uf diese Körper die Kräfte AP = P, A′P′ = P′, A″P″ = P″... n durch die Figur angezeigten Richtungen wirkend. Fer- ezeichnen OX und OZ die Coordinatenaxen der x und der einzelnen Körper, und man zählt die Winkel der erichtungen alle nach einer Seite, so dafs also der Winkel

$B\,a\,A = \alpha$, $360° - B'a'A' = \alpha'$, $180° - B''a''A'' = \alpha''$ und $180° + B'''a'''A''' = \alpha'''$ ist u. s. w., wo dann alle Kräfte P, P′, P″... für sich als positiv angenommen werden.

Ist nun dieses System unter der Wirkung der Kräfte P, P′, P″... nicht im Gleichgewichte, so hat man, wenn man noch die diesen Kräften äquipollente Kraft — R einführt, für das Gleichgewicht unter der Wirkung der Kräfte P, P′ P″... und R folgende Gleichungen:

$$\Sigma . P \cos . \alpha - R \cos . A = 0$$
$$\Sigma . P \sin . \alpha - R \sin . A = 0$$
$$\Sigma . P (z \cos . \alpha - x \sin . \alpha) - R (Z \cos . A - X \sin . A) = 0.$$

Die beiden ersten dieser Gleichungen geben für die Größe dieser Aequipollente

$$R^2 = (\Sigma . P \cos . \alpha)^2 + (\Sigma . P \sin . \alpha)^2$$

und für die Richtung derselben

$$\cos . A = \frac{\Sigma . P \cos . \alpha}{R} \text{ und } \sin . A = \frac{\Sigma . P \sin . \alpha}{R}.$$

Endlich giebt die letzte jener drei Gleichungen, wenn man in ihr $Z = 0$ setzt,

$$X = - \frac{\Sigma . P (z \cos . \alpha - x \sin . \alpha)}{\Sigma . P \sin . \alpha}.$$

für den Punct, in welchem die Resultante die Axe der x schneidet.

I. Geradliniger Hebel

in seiner allgemeinsten Bedeutung.

Aus den oben (Abschnitt D) gegebenen Ausdrücken für den Winkelhebel folgen nun auch sofort die für den geradlinigen Hebel in seiner allgemeinsten Bedeutung, d. h. für ein System von körperlichen Puncten, die alle in einer *einzigen* gerade Linie liegen, auf deren jeden aber gegebene Kräfte nach beliebigen Richtungen im Raume wirken.

Fig. 238. Seyen A, A′, A″... die körperlichen Puncte in der Axe der x. Auf den ersten A dieser Puncte wirke die Kraft AP = P in einer Richtung AP, die mit den drei Axen der x, y, z die Winkel α, β, γ bildet; für den zweiten Punct A′ seyen die

tel der Kraft A'P' = P' in derselben Ordnung α', β', γ' so fort für die übrigen. Für diesen Fall wird man in den meinen Gleichungen blofs die Gröfsen y und z gleich Null , wodurch man also für das Gleichgewicht des freien ms die fünf Gleichungen erhält

$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha = 0$$
$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta = 0$$
$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma = 0$$
$$\Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\beta = 0$$
$$\Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\gamma = 0,$$

)A = x, OA' = x', OA'' = x'' u. f. ist.

Hat aber zwischen diesen Kräften kein Gleichgewicht statt, rd das System nur dann eine einzige Resultante haben, wenn da N = 0 ist, hat

$$KL + IM = 0,$$

wenn man hat

$$.P\,\mathrm{Cos}.\gamma\,.\,\Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\beta - \Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta\,.\,\Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\gamma = 0,$$

dann hat man für die Gröfse und Richtung dieser Resul-

$$R^2 = (\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha)^2 + (\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta)^2 + (\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma)^2$$

$$\mathrm{Cos}.A = \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha}{R},\quad \mathrm{Cos}.B = \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\beta}{R},\quad \mathrm{Cos}.C = \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma}{R}$$

ndlich für den Ort derselben

$$X = \frac{\Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\gamma}{\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\gamma}.$$

er der Hebel im Anfangspuncte der Coordinaten fest, so an für das Gleichgewicht nur die zwei Gleichungen L = 0 M = 0 oder, was dasselbe ist,

$$\Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\beta = 0 \text{ und } \Sigma.Px\,\mathrm{Cos}.\gamma = 0.$$

Ein besonderer, bemerkenswerther Fall dieses Problems ist wenn die Richtungen der im Raume vertheilten Kräfte uf dem geradlinigen Hebel OX senkrecht stehn. Dann ist ch jedes $\alpha = 90°$ und jedes $\gamma = 90° - \beta$, so dafs man für diesen Fall das Gleichgewicht des freien Systems folgende Gleichungen ausdrücken wird:

$$\Sigma.P\ \text{Cos.}\beta=0 \qquad \Sigma.P\ \text{Sin.}\beta=0$$
$$\Sigma.P\,x\,\text{Cos.}\beta=0 \qquad \Sigma.P\,x\,\text{Sin.}\beta=0.$$

Erhalten aber diese Kräfte das System nicht im Gleichgewicht, so mufs für die Existenz einer Resultante die Bedingungsgleichung statt haben

$$\frac{\Sigma.P\,x\,\text{Sin.}\beta}{\Sigma.P\,x\,\text{Cos.}\beta}=\frac{\Sigma.P\ \text{Sin.}\beta}{\Sigma.P\ \text{Cos.}\beta},$$

und dann hat man für diese Resultante

$$R^2=(\Sigma.P\,\text{Cos.}\beta)^2+(\Sigma.P\,\text{Sin.}\beta)^2,$$

$$\text{Sin.}B=\frac{\Sigma.P\ \text{Sin.}\beta}{R}\ \text{und}\ \text{Cos.}B=\frac{\Sigma.P\ \text{Cos.}\beta}{R},$$

und endlich

$$X=\frac{\Sigma.P\,x\,\text{Sin.}\beta}{\Sigma.P\,\text{Sin.}\beta}\ \text{oder auch}\ X=\frac{\Sigma.P\,x\,\text{Cos.}\beta}{\Sigma.P\,\text{Cos.}\beta}.$$

Für ein im Anfangspuncte O festes System hat man hiernach die zwei Gleichungen

$$\Sigma.P\,x\,\text{Cos.}\beta=0\ \text{und}\ \Sigma.P\,x\,\text{Sin.}\beta=0.$$

Sind endlich für den geradlinigen Hebel die Richtungen der Kräfte alle in einer Ebene, die durch diese gerade Linie geht, so kann man diese Gerade für die Axe der x und diese Ebene für die coordinirte Ebene der xy annehmen, wie dieses durch die Figur ausgedrückt wird. Fig. 239. nämlich $MA=-x$, $MA'=x'$, $MA''=x''\ldots$ und der Winkel $MAP=180°-\alpha$, $MA'P'=360°-\alpha'$, $MA''P''=\ldots$ u. s. w., so wird man für diesen speciellen Fall in den vorhergehenden allgemeinen Gleichungen $y=z=0$ und $\beta=\gamma$ so wie $\gamma=90°-\alpha$ setzen, wodurch man für das Gleichgewicht des freien Systems erhält

$$\left.\begin{aligned}\Sigma.P\ \text{Cos.}\alpha&=0\\ \Sigma.P\ \text{Sin.}\alpha&=0\\ \Sigma.P\,x\,\text{Sin.}\alpha&=0\end{aligned}\right\}\ldots\quad(1)$$

Ist der Hebel unter der Wirkung dieser Kräfte nicht im Gleichgewichte, so wird doch, da hier die Gröfsen I, L und N, an sich, gleich Null sind, immer eine Resultante bestehen, und ihre Gröfse und Richtung wird durch die Gleichungen bestimmt werden:

$$\left.\begin{aligned} R^2 &= (\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha)^2 + (\Sigma.P\,\mathrm{Sin}.\alpha)^2 \\ \mathrm{Sin}.A &= \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Sin}.\alpha}{R};\quad \mathrm{Cos}.\alpha = \frac{\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha}{R} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (2)$$

den Ort dieser Resultante aber hat man aus den Glei-
gen (V) des Abschnitts (D)

$$X = -\frac{M}{K} = \frac{\Sigma.P\,x\,\mathrm{Sin}.\alpha}{\Sigma.P\,\mathrm{Sin}.\alpha} \quad \ldots \quad (3)$$

$$Z = \frac{M}{H} = -\frac{\Sigma.P\,x\,\mathrm{Sin}.\alpha}{\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha} \quad \ldots \quad (4)$$

auf diese Ausdrücke ein numerisches Beispiel anzuwenden,
übereinstimmend mit der Zeichnung der letzten Figur,
= — 2, x′ = + 3 und x″ = + 4. Die auf diese Puncte
kenden Kräfte seyen P = 10 Pfund, P′ = 20 und P″ = 30.
lich nehme man für die Richtungen dieser Kräfte mit der
cissenaxe α = 40°, α′ = 300° und α″ = 120°. Da diese
Kräfte den freien Hebel nicht im Gleichgewichte halten,
suche man ihre Resultante R oder vielmehr ihre Aequipol-
e R′ = — R, die in Verbindung mit jenen drei Kräften P, P′, P″
Gleichgewicht des Hebels giebt. Es ist aber

P Cos. α =	7,66	P Sin. α =	6,43
P′ Cos. α′ =	10,00	P′ Sin. α′ = —	17,32
P″ Cos. α″ = —	15,00	P″ Sin. α″ =	25,98,

ist auch

$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos}.\alpha = 2{,}66 \text{ und } \Sigma.P\,\mathrm{Sin}.\alpha = 15{,}09.$$

ses vorausgesetzt geben die vorhergehenden Gleichungen für
Resultante

$$R^2 = (2{,}66)^2 + (15{,}09)^2 = 234{,}7837$$

r

$$R = 15{,}3227, \text{ und daher auch } A = 80°\,0'\,10'',$$

dann die Aequipollente R′ = — 15,3227 seyn wird. Man
n aber auch, wie bisher, alle Kräfte P, P′, P″ und R′ po-
v annehmen, wenn man nur dafür den vorigen Winkel A
180° vermehrt, so dafs man also für die gesuchte Aequi-
lente haben wird

$$R' = 15{,}3227 \text{ und } A = 260°\,0'\,10''.$$

der Figur ist Rr = R′ und A = 360° — MrR.

Um endlich noch die Durchschnittspuncte der Aequipol- mit den Axen der x und z zu finden, hat man

$$\begin{aligned} P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha &= -\ 12{,}86 \\ P'x'\,\text{Sin.}\,\alpha' &= -\ 51{,}96 \\ P''x''\,\text{Sin.}\,\alpha'' &= +\ 103{,}92 \\ \Sigma.\,P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha &=\ \ 39{,}10, \end{aligned}$$

woraus folgt

$$X = \frac{39{,}10}{15{,}09} = 2{,}591 = Mr$$

und

$$Z = -\frac{39{,}10}{2{,}66} = -14{,}70.$$

Um zu sehn, ob zwischen diesen vier Kräften P, P', P'' und R' in der That Gleichgewicht herrscht, so hat man

$$\begin{aligned} x &= -2 & \alpha &= 40 & P &= 10 \\ x' &= +3 & \alpha' &= 300 & P' &= 20 \\ x'' &= +4 & \alpha'' &= 120 & P'' &= 30 \\ x''' &= +2{,}59 & \alpha''' &= 260°\,0'\,10'' & P''' &= 15{,}327. \end{aligned}$$

Wenn hier Gleichgewicht bestehn soll, so müssen die drei Gröfsen

$$\Sigma.\,P\,\text{Cos.}\,\alpha,\quad \Sigma.\,P\,\text{Sin.}\,\alpha,\quad \Sigma.\,P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha$$

jede für sich gleich Null seyn. Es ist aber

$P\,\text{Cos.}\,\alpha =$	$P\,\text{Sin.}\,\alpha =$	$P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha =$
7,66	6,43	− 12,86
10,00	− 17,32	− 51,96
− 15,00	25,98	103,92
− 2,666	− 15,09	− 39,09

und die Summe dieser drei Zahlenreihen ist auch in der Tat jede für sich, gleich Null.

Ist endlich der Hebel, unter der Wirkung der drei ersten Kräfte P, P', P'', in dem Anfangspuncte der Coordinaten ist, und sucht man eine vierte Kraft P''', so dafs der feste Hebel unter diesen vier Kräften im Gleichgewichte ist, so hat man nach dem Vorhergehenden, blofs die einzige Gleichung

$$\Sigma.\,P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha = 0,$$

das heifst,

$$P'''x'''\,\text{Sin.}\,\alpha''' = -\,(P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha + P'x'\,\text{Sin.}\,\alpha' + P''x''\,\text{Sin.}\,\alpha''$$

oder wenn man in diesem Ausdrucke, rechts von dem Gleichheitszeichen, die vorhergehenden numerischen Werthe substituirt,

$$P'''x'''\,\text{Sin.}\,\alpha''' = -39{,}10.$$

an kann daher, um die letzte Aufgabe aufzulösen, zwei von
:n drei Gröfsen

$$P''',\ x'''\ \text{oder}\ \alpha'''$$

illkürlich annehmen und dann die dritte mittelst der letzten
leichung bestimmen. Ist z. B. $P''' = 25°$ und $\alpha''' = 200°$,
findet man

$$P'''\,\text{Sin.}\,\alpha''' = -8{,}551$$

ıd daher

$$x''' = \frac{-39{,}10}{-8{,}551} = +4{,}57.$$

Sind endlich, wie zuvor, alle körperliche Puncte des Sy-
ems in einer geraden Linie, in der Axe der x, und die Rich-
ngen der Kräfte alle in der Ebene der xz und sämmtlich
ırallel mit der Axe der z, so wird man in den vorhergehen-
:n Gleichungen (1) bis (4) nur den Winkel $\alpha = 90°$ zu setzen
ıben. Man erhält so für das Gleichgewicht des freien Sy-
:ems die zwei Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}\Sigma.P &= 0\\ \Sigma.Px &= 0\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (1')$$

ollten aber diese Kräfte P, P', P'' . . . das System nicht im
leichgewichte halten, so hat man für ihre Resultante

$$R = \Sigma.P \text{ und, da } A = 90° \text{ ist,}$$

$$X = \frac{\Sigma.Px}{R}.$$

)ie letzte Gleichung kann auch so ausgedrückt werden:

$$X = \frac{Px + P'x' + P''x'' + \ldots}{P + P' + P'' + \ldots}$$

nd dieses ist der bekannte Ausdruck für den geradlinigen, mit
ıehrern Gewichten beschwerten Hebel, der unter der Wirkung
er Schwere im Gleichgewichte steht.

Wird das System in einem seiner Puncte, in dem An-
ıngspuncte der Coordinaten, fest angenommen, so hat man für
as Gleichgewicht nur die einzige Gleichung

$$\Sigma.Px = 0,$$

vo dann der Druck, welchen diese Kräfte auf den festen

Punct ausüben, gleich $\Sigma.P$ ist. Bemerken wir noch zum Schlusse dieser Untersuchung, dafs die oben (zu Ende des Abschnittes D) aufgestellten allgemeinen Gleichungen nur das Resultat eines einzigen der vielen Beispiele sind, die Lagrange in seiner *Mécanique analytique* zur Erläuterung seiner Theorie der Statik mitgetheilt hat, wo er, aus Veranlassung dieses Beispiels, jene Formeln, die zugleich die allgemeinsten Grundformeln der Statik sind, für diesen speciellen Fall besonders entwickelt. Da Murhard, der deutsche Uebersetzer dieses unsterblichen Werkes, in seiner Einleitung zu demselben sagt, dafs G. A. Kästner dieses Buch wohl im Allgemeinen gelobt, aber auch hinzugesetzt habe, man würde sich wohl vergebens bemühn, aus den vielen Formeln desselben auch nur die Theorie des einfachen Hebels abzuleiten, so wird es vielleicht nicht unangemessen erscheinen, bei der gegenwärtigen Gelegenheit diese für unmöglich ausgegebene Ableitung aus jenen Formeln unmittelbar gegeben zu sehn, wobei wir die Bemerkung nicht unterdrücken können, dafs jenes Werk vielleicht das erste und gröfste von allen mathematischen Werken ist, dessen sich unsere an Arbeiten solcher Art so reiche Zeit rühmen kann, und dafs wohl erst die künftigen Jahrhunderte die völlige Entwickelung aller der Keime von höchst wichtigen und fruchtbaren Ideen sehn wird, die der unsterbliche Verfasser in diesem Werke niedergelegt hat.

L.

Winter.

Hiems; Hiver; *Winter*.

Im gemeinen Leben wird diejenige Jahreszeit so genannt, wo die Tage am kürzesten sind und die Vegetation durch die Kälte unterbrochen wird. In wissenschaftlicher oder astronomischer Bedeutung heifst *Winter* in der nördlichen Hemisphäre die Zeit von dem kürzesten Tage des Jahres bis zur Frühlingsnachtgleiche, oder genauer noch, die Zeit von dem tiefsten Stande der Sonne unter dem Aequator bis zu ihrem Eintritt in den Aequator, oder endlich die Zeit, wo die Länge der Sonne von 270 bis zu 360 Graden wächst. Der Anfang dieser Zeit fällt um den 21sten December und das Ende um den

ten März, während unser *Sommer* oder die Zeit der Son-
länge von 90 bis 180 Grad vom 21sten Juni bis zum
ten September währt. In der südlichen Hemisphäre sind
sämmtlichen vier Jahreszeiten jenen der nördlichen Halb-
;el entgegengesetzt, also ist dort Winter, wenn es bei
Sommer ist, und umgekehrt, so dafs in der südlichen
nisphäre der Winter mit dem 21sten Juni anfängt und mit
Nachtgleiche um den 23sten September endet. In der
lsen Zone sowohl, als auch in den beiden kalten, ist die
mperatur und die Einwirkung derselben auf die Vegetation
diesen beiden Jahreszeiten zwar lange nicht so sehr ver-
ieden, wie in den gemäfsigten Zonen, doch kann man auch
r allgemein den Anfang des Winters die Zeit nennen, wo
die ihnen nächste gemäfsigte Zone der mittägige Abstand
: Sonne vom Zenith am gröfsten ist, so dafs also die nörd-
ıe Hälfte der heifsen Zone ihren Winter mit dem 21sten
cember, die südliche aber mit dem 21sten Juni beginnt.

Die Ursache der höheren Temperatur des Sommers in
den Hemisphären, in Beziehung auf jene des Winters, ist
ht die gröfsere Nähe der Sonne bei der Erde. In der That
für die nördliche Hemisphäre im Winter die Sonne viel
ıer als im Sommer. Die Differenz beträgt nahe 700000
)gr. Meilen. Die wahre Ursache ist die mittägige Stellung
: Sonnenstrahlen, die im Sommer einen viel gröfseren Win-
mit unserem Horizonte bilden, als im Winter, verbunden
t der gröfsern Länge der Tage im Sommer. Auch ist we-
n der Excentricität der Erdbahn der Sommer auf der nörd-
hen Hemisphäre um nahe 8 Tage länger als der Winter. Es
ıert nämlich in dieser Hemisphäre

der Frühling	92,9 . . .	der Herbst	89,7 Tage
der Sommer	93,6 . . .	der Winter	89,1
Summe	186,5		178,8

f der südlichen ist dieses Verhältnifs umgekehrt, da dort,
e gesagt, alle Jahreszeiten den unseren entgegengesetzt sind.
eses wird so lange dauern, als das Perihelium der Erdbahn
f diejenige Seite der Aequinoctiallinie fällt, auf der es jetzt
. In der Folge der Zeiten aber wird sich dieses Verhältnifs
ıkehren, und dann wird auf der nördlichen Halbkugel die
mme der Dauer des Frühlings und Sommers kleiner seyn,

als die der beiden andern Jahreszeiten. Aber auch dieser Umstand wird nie einen beträchtlichen Einfluſs auf die Temperatur der verschiedenen Jahreszeiten haben.

Um zu sehn, welchen Einfluſs jener verschiedene Einfallswinkel der mittägigen Sonnenstrahlen im Sommer und Winter auf die Temperatur hat, sey TA ein kleiner Theil der Oberfläche der Erde. Im tiefsten Winter, zur Zeit des Wintersolstitiums, fallen diese Strahlen Mittags unter dem Winkel BAD = βTD, und im höchsten Sommer, im Sommersolstitium, unter dem Winkel CAD = γTD auf den Horizont TAD auf. Zieht man von O die Lothe OM auf AB und ON auf Tγ, so verhält sich die Menge der auf die Linie AT fallenden Strahlen

Fig. 240.

$$\frac{\text{im Winter}}{\text{im Sommer}} = \frac{OM}{ON} = \frac{\text{Sin.h}}{\text{Sin.h}'},$$

wo h und h' die mittägigen Sonnenhöhen im Winter- und im Sommersolstitium bezeichnen.

Ist nun φ die Polhöhe des Ortes T auf der Oberfläche der Erde und e die Schiefe der Ekliptik, so ist

$$\frac{\text{Sin.h}}{\text{Sin.h}'} = \frac{\text{Sin.}(90°-(\varphi+e))}{\text{Sin.}(90°-(\varphi-e))} = \frac{\text{Cos.}(\varphi+e)}{\text{Cos.}(\varphi-e)}.$$

Für Wien ist φ = 48° 12', und da überdiefs die Schiefe der Ekliptik e = 23° 28' ist, so hat man für Wien

$$\frac{\text{Sin.h}}{\text{Sin.h}'} = \frac{0{,}3145}{0{,}9083} = 0{,}346,$$

oder jede kleine Linie TA der Oberfläche der Erde wird im Winter nur 0,346, also auch jede kleine Fläche der Erde nur 0,120mal soviel mittägige Sonnenstrahlen, also auch im Allgemeinen ebenso viel weniger Erleuchtung und Erwärmung erhalten, als im Sommer.

Die zweite oben angegebene Ursache der höheren Temperatur des Sommers, die gröfsere Länge der Tage, ist für sich klar. So beträgt die Länge des Tags für Wien im Sommer 15 Stunden 52 Minuten, im Winter aber nur 8 St. 9 Min. also nahe nur die Hälfte von jener Zeit. In gröfsern Breiten ist dieser Unterschied noch viel bedeutender; so ist z. B. in Petersburg der längste Tag über 18, und der kürzeste noch nicht 6 Stunden. Zu diesen beiden Ursachen kommt aber noch

ie dritte, dafs nämlich die Sonnenstrahlen zur Zeit eines tie-
en Standes der Sonne über dem Horizont einen viel gröfse-
n Weg durch die Atmosphäre, besonders durch die unteren
eile derselben, machen müssen, welche Theile mit vielen
insten versehn und schon an sich bedeutend dichter sind, da-
r auch die Wirkung der Strahlen sehr schwächen. Sey AB Fig. 241.
e Oberfläche und T der Mittelpunct der Erde, FE die äu-
rste Schicht der Atmosphäre, B der Beobachtungsort, und α
r Ort der Sonne im Horizonte bei ihrem Auf- oder Unter-
ng, β der Ort derselben im Mittag im Wintersolstitium und
dlich γ im Sommersolstitium. Ist die Höhe des Atmosphäre
F nahe = zehn geogr. Meilen, so ist $B\gamma = 10\frac{1}{4}$, $B\beta = 30\frac{1}{2}$
id $B\alpha = 131$ Meilen, nämlich

$$B\alpha = \sqrt{T\alpha^2 - TB^2},$$

o TB = 859 der Halbmesser der Erde und $T\alpha = TF = 859 + 10 = 869$
eilen beträgt. Man sieht daraus, dafs der sommerliche Weg
r mittägigen Strahlen in der Atmosphäre nahe dreimal kürzer
als der winterliche, und dafs derselbe Weg beim Auf- und
ntergange der Sonne sogar über 130 Meilen beträgt, weswe-
n man auch die auf- oder untergehende Sonne, ohne Schmerz
Auge zu empfinden, anblicken kann. Vermehrt wird dieses
erhältnifs der Schwächung der Lichtstrahlen noch dadurch,
fs die der Erde näheren atmosphärischen Schichten zugleich
e dichteren und mit vielen Dünsten angefüllt sind, und dafs
sonders beim Auf- und Untergange der Sonne der Weg Bm
rch diese dichteren Schichten sehr viel gröfser ist, als der Weg
D, wenn die Sonne im Zenith F des Beobachters steht.

Indem Lambert in seiner Photometrie alles Vorhergehende
sammennahm, fand er für die Stärke K der Beleuchtung oder
wärmung der Sonnenstrahlen für verschiedene Höhen der Sonne
er dem Horizont folgende kleine Tafel.

Sonnenhöhe	Beleuchtung K
10°	8
20	73
30	173
40	282
50	384
60	470
70	535
80	575
90	589

Diese Tafel giebt für Wien und

für $h = 90° - (\varphi + e) = 18° 20' \ldots K = 62$ und

für $h = 90° - (\varphi - e) = 65° 20' \ldots K' = 504$

also auch

$$\frac{K}{K'} = \frac{62}{504} = 0{,}123,$$

nahe mit dem Vorhergehenden übereinstimmend, da wir den

$$\left(\frac{\text{Sin. } h}{\text{Sin. } h'}\right)^2 = 0{,}120$$

gefunden haben. L.

Winterpunct.

Winter-Wendepunct; *Punctum solstitii hiberni;* Solstice d'hiver; *Winter-Solstice.*

So wird derjenige Punct der Ekliptik genannt, in welchem die Sonne ihre gröfste südliche Abweichung, die gleich der Schiefe der Ekliptik ist, erreicht. Dieser Punct hat die Länge von 270 Graden vom Frühlingspuncte, von West gen Ost, gezählt. Durch ihn geht, dem Aequator parallel, der Wendekreis des Steinbocks. Wenn die Sonne in diesem Puncte ist, so steht sie vom Nordpole des Aequators am weitesten ab und hat dann für die nördliche Halbkugel die gröfste mittägige Zenithdistanz, so dafs sie für die nördliche Zone sogar am tiefsten unter dem Horizonte steht und dafs der Tag, an welchem die Sonne diesen Punct erreicht, für die nördliche Hemisphäre der kürzeste, für die südliche aber der längste des ganzen Jahres ist. L.

Druck von C. P. Melzer in Leipzig.

Verzeichnifs der einzelnen Bände und Abtheilungen n Gehler's physikalischem Wörterbuche (so weit es bis zt erschienen ist), nebst Bemerkung, was jeder Band er jede Abtheilung im Subscript.-Preise kostet.

Band, welcher A und B enthält. Mit 21 Kupfertafeln. gr. 8. 1825. Subscript. Preis 4 Thlr. 20 Ngr. (4 Thlr. 16 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 22½ Ngr. (5 Thlr. 18 gGr.)

Band, welcher C und D enthält. Mit 20 Kupfertafeln. gr. 8. 1826. Subscript. Preis 2 Thlr. 25 Ngr. (2 Thlr. 20 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)

Band, welcher E enthält. Mit 16 Kupfertafeln. gr. 8. 1827. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr. (4 Thlr. 12 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 15 Ngr. (5 Thlr. 12 gGr.)

Band 1ste Abtheil., welche F enthält. Mit 9 Kupfertafeln. gr. 8. 1827. Subscript. Preis 2 Thlr. 10 Ngr. (2 Thlr. 8 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis. 3 Thlr. 2½ Ngr. (3 Thlr. 2 gGr.)

Band 2te Abtheil., welche G enthält. Mit 9 Kupfertafeln. gr. 8. 1828. Subscript. Preis 4 Thlr. 7½ Ngr. (4 Thlr. 6 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 10 Ngr. (5 Thlr. 8 gGr.)

Band 1ste Abtheil., welche H enthält. Mit 13 Kupfertafeln. gr. 8. 1829. Subscript. Preis 2 Thlr. 20 Ngr. (2 Thlr. 16 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)

Band 2te Abtheil., welche I und K enthält. Mit 17 Kupfertafeln. gr. 8. 1830. Subscript. Preis 2 Thlr. 25 Ngr. (2 Thlr. 20 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 22½ Ngr. (3 Thlr. 18 gGr.)

Band 1ste Abtheil., welche L enthält. Mit 11 Kupfertafeln. gr. 8. 1831. Subscript. Preis 2 Thlr. 20 Ngr. (2 Thlr. 16 gGr.)

Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)

6r Band 2te Abtheilung, welche Ma enthält. Mit 15 Kupf. und 4 Charten. gr. 8. 1836. Subscript. Preis 4 Thlr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr.

6r Band 3te Abtheilung, welche Me — My enthält. Mit 17 Kupfert. gr. 8. 1837. Subscript. Preis 4 Thlr. 10 Ngr. (4 Thlr. 8 Gr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 15 Ngr. (5 Thlr. 12 Gr.

7r Band 1ste Abtheilung, welche N — Pn enthält. Mit 7 Kupfer. gr. 8. 1833. Subscr. Preis 2 Thlr. 20 Ngr. (2 Thlr. 16 Gr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 Gr.

7r Band 2te Abtheilung, welche Po — R enthält. Mit 19 Kupfertaf. gr. 8. 1834. Subscript. Preis 3 Thlr. 5 Ngr. (3 Thlr. 4 Gr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 5 Ngr. (4 Thlr. 4 Gr.

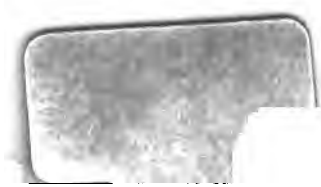
8r Band, welcher S enthält. Mit 23 Kupfertafeln. gr. 8. 1836. Subscript. Preis 5 Thlr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 6 Thlr. 10 Ngr. (6 Thlr. 8 Gr.

9r Band 1ste Abtheilung, welche T — Thermol enthält. Mit 10 Kupfertafeln und 2 Charten. gr. 8. 1838.
Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 Gr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr. (4 Thlr. 12 Gr.

9r Band 2te Abtheilung, welche Thermom — U enthält. Mit 24 Kupfertafeln. gr. 8. 1839. Subscr. Preis 3 Thlr. 20 Ngr. (3 Thlr. 16 Gr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 25 Ngr. (4 Thlr. 20 Gr.

9r Band 3te Abtheilung, welche V enthält. Mit 8 Kupfertafeln gr. 8. 1840. Subscript. Preis 3 Thlr. 10 Ngr. (3 Thlr. 8 Gr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr. (4 Thlr. 12 Gr.

10r Band 1ste Abtheilung, welche W — Wae enthält. Mit 5 Kupfertafeln. gr. 8. 1841. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr. (4 Thlr. 12 Gr.
Auf Schreibp. Subscr. Preis 5 Thlr. 20 Ngr. (5 Thlr. 16 Gr.

10r Band 2te Abtheilung, welche Waf — Win enthält. Mit 5 Kupfertafeln. gr. 8. 1842. Subscr. Preis 4 Thlr. 20 Ngr. (4 Thlr. 16 Gr.
Auf Schreibp. Subscr. Preis 5 Thlr. 25 Ngr. (5 Thlr. 20 Gr.

10r Band 3te Abtheilung, welche den Schluss des Werkes und das Register enthält, erscheint im künftigen Jahre.